This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

2 45 0061 4147

LANE

MEDICAL

LIBRARY

LEVI COOPER LANE FUND

VORLESUNGEN

ÜBER DIE

OPTISCHEN FEHLER DES AUGES.

VON

PROF. Dr. LUDWIG MAUTHNER
IN INNSBRUCK.

MIT 97 HOLZSCHNITTEN UND 3 TAFELN

LANE MEDICAL LIBRARY
1680
SAN FRANCISCO

WIEN, 1876.
WILHELM BRAUMÜLLER
K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTSBUCHHÄNDLER.

LAW LIBRARY

A
16

Vorwort.

Die Resultate, welche sich mir auf dem Felde der optischen Fehler im Laufe der Jahre ergeben haben, sind in den vorliegenden Vorlesungen enthalten. Ich bin dabei auch zur Erkenntniss einzelner allgemeiner Gesetze, sowie zu der Einsicht von der Unzulänglichkeit gewisser fundamentaler Annahmen auf unserem Wissensgebiete gelangt.

Ich möchte in ersterer Hinsicht anführen: die Auffindung der allgemeinen Gesetze, nach welchen je nach der Stellung des corrigirenden sphärischen Glases vor dem Auge erster und zweiter Knotenpunkt verlagert, nach welchen also Gesichtswinkel und Netzhautbild dabei geändert werden; die damit im innigsten Zusammenhange stehende Aufstellung der für die Vergrösserung des aufrechten Augenspiegelbildes geltenden Gesetze, durch welche erst Regel und Zusammenhang gebracht wird in die zahlreichen Details, die ich in Betreff der Augenspiegelvergrösserung bei Em- und Ametropie vor fast einem Jahrzehent bekannt gemacht habe; weiterhin eine zum richtigen Verständniss der ophthalmoscopischen Vergrösserung unumgänglich nothwendige Erörterung über die Loupe, welche in Anbetracht der in dieser Hinsicht vielfach herrschenden unklaren Vorstellungen Vielen gewiss nicht unwillkommen sein wird.

In zweiter Beziehung möchte ich die Aufmerksamkeit auf den Nachweis der hochgradigen Abweichung des üblichen schematischen Auges von der Wirklichkeit lenken, auf einen Nachweis, der durch Betrachtung des Verhaltens des linsenlosen Auges, dann des Unterschiedes zwischen der empirisch zu bestimmenden und theoretisch zu berechnenden Wirkung sphärischer Gläser auf die Grösse des Netzhautbildes, sowie durch die Beleuchtung der auf Grund von Messungen lebender Augen, aber

unter Zuhilfenahme gewisser schematischer Werthe gewonnenen Resultate erbracht worden ist. Sowie einerseits das schematische Auge ein solches ist, dass es dem wirklichen nicht entspricht, so haben andererseits die Untersuchungen ergeben, dass eine und dieselbe Axenlänge thatsächlich bei Emmetropie und hoch-, ja höchstgradiger Ametropie vorkommt und es daher doppelt irrig ist, bei Messung lebender Augen einzelne Werthe direct zu bestimmen, andere aber dem schematischen Auge zu entnehmen. Namentlich in Betreff der Axenlänge des lebenden Auges musste man, eben wegen der grossen Schwankung derselben bei gleicher Lage des Fernpunktes, bedacht sein, dieselbe mit annähernder Genauigkeit im speciellen Falle zu berechnen.

Es ist leicht begreiflich, dass ich bei längerer eingehender Beschäftigung mit einem begrenzten Fache nicht blos eine Fülle von Einzelnheiten erfassen, sondern auch über einzelne Punkte (wie z. B. über den optischen Bau der Hornhaut, über die Lage der Hornhautaxe, Hornhautmitte und Gesichtslinie) zu einer gewissen Klarheit gelangen und die Irrthümlichkeit mancher der herrschenden Theorien erkennen konnte. Endlich dürften vielleicht die im Buche eingestreuten historischen Bemerkungen, namentlich die in der letzten Vorlesung enthaltene wahre Geschichte der Camera obscura und der Lehre vom Sehen nicht ohne einiges Interesse gelesen werden.

Innsbruck, am 27. November 1875.

Mauthner.

Inhalts-Verzeichniss.

Erste Vorlesung.

Einleitung. Das Auge als optisches Instrument. Physiologie des Sehens pag. 1—15.

Maurolycus, Porta, Kepler, Scheiner über das Sehen 2. — Demonstrirung des Netzhautbildchens durch Des Cartes, Huygens' künstliches Auge 4. — Mariotte's Ansicht über die Bedeutung der Aderhaut als Sehorgan 5. — Anatomie und Bedeutung der Netzhautstäbe und Zapfen 6. — Isolirung der Erregung in denselben 8. — Anatomische und physiologische Gründe für die Bedeutung der Zapfen 10. — Listing's schematisches Auge 13. — Das reducirte Auge 14.

Zweite Vorlesung.

Begriff der Refraction und Accommodation des Auges. Veränderungen im Auge während der Accommodation pag. 16—30.

Die Brechkraft des Auges 16. — Das Accommodationsvermögen 18. — Die Accommodation durch die Linse bewirkt 19. — Helmholtz's Resultate in Betreff der Linsenveränderung 20. — Beobachtung der Linsenbilder nach Coccius 21. — Der Accommodationsmuskel 22. — Wirkungsweise desselben und Accommodationstheorie 24. — Beweise für die Richtigkeit der Theorie 26. — Verhalten der Iris und der Ciliarfortsätze 27. — Die Theorie von Coccius 28. Historisches 28.

Dritte Vorlesung.

Die Refractionsfehler des Auges pag. 31—43.

Chromatische Aberration 31. — Fraunhofer's Versuch 35. — Grösse der Dispersion im Auge 36. — Nachweis der Farbenzerstreuung 37. — Monochromatische Aberration 38. — Die Ametropie 41.

Vierte Vorlesung.

Ophthalmometrie pag. 43—72.

Young's und Kohlrausch's Hornhautmessungen 44. — Helmholtz's Ophthalmometer 45. — Bestimmung des Radius der Hornhaut 52. — Bestimmung der Hornhautmitte 55. — Winkel α 62. — Messung der Linsenkrümmung 71.

Fünfte Vorlesung.

Definition der Accommodationsbreiten. Bezeichnungsweise der Brillenwerthe. Die Ausdrücke für die Accommodationsbreiten des Emmetropen und Ametropen pag. 72—91.

Bezeichnungsweise der Linsenwerthe 73. — Binoculäre Accommodationsbreite 76. Absolute Accommodationsbreite 79. — Zerlegung der Accommodationsbreite 79. Relative Accommodationsbreite 82. — Emmetropie und Ametropie 85. — Die Formeln für die Accommodationsbreiten 89.

Sechste Vorlesung.

Brillenlehre pag. 92—104.

Kepler's Erklärung der Brillenwirkung 93. — Differenz in den Brillenmassen 96. — Bestimmung der Brennweite der Gläser 97.

Siebente Vorlesung.

Die Reihenfolge der Brillenbrennweiten 104—117.

Burow's und Zehender's Vorschlag 106. — Nagel's, Javal's und Burow's fernere Vorschläge 107. — Kritik der Ansichten 108. — Resultate 116.

Achte Vorlesung.

Sehschärfe pag. 117—143.

Der Gesichtswinkel 119. — Prüfung der Sehschärfe 122. — Die Sternprüfung 123. — Werth des kleinsten Gesichtswinkels 127. — Die Grössen der percipirenden Elemente 128. — Volkmann's Experimente 129. — Praktische Bestimmung der Sehschärfe 131. — Mass der Sehschärfe 137. — Neuere Sehproben 141.

Neunte Vorlesung.

I. Einfluss der Beleuchtung und des Alters auf die Sehschärfe pag. 144—149.

II. Einfluss der Myopie und Hypermetropie auf die Sehschärfe pag. 149—169.

Einfluss der Beleuchtung 144. — Einfluss des Alters 147. — Das Sehen durch Zerstreuungskreise bei Ametropie 151. — Die Bildgrösse im myopischen Auge 156. — Die Bildgrösse im hypermetropischen Auge 158. — Sehschärfe bei Hypermetropie 162. — Sehschärfe bei Myopie 165.

Zehnte Vorlesung.

Einfluss der Brillengläser auf die Lage der Cardinalpunkte des Auges, sowie auf die Sehschärfe pag. 169—182.

Lage der Cardinalpunkte bei Correction von Myopie $\frac{1}{3}$ durch Concav 2 171. — Die Vergrösserungszahl für Concavgläser 177. — $M\frac{1}{3}$ corrigirt durch Concav $2\frac{1}{2}$ 179. — $M\frac{1}{3}$ corrigirt durch Concav $2\frac{1}{4}$ 180.

Eilfte Vorlesung.

Die Gesetze für Concav- und Convexgläser. Die Sehschärfe des corrigirten hypermetropischen Auges pag. 182—196.

Die Gesetze der Concavgläser 182. — $H\frac{1}{3}$ corrigirt durch Convex $3\frac{1}{2}$ 187. — $H\frac{1}{3}$ corrigirt durch Convex 4 190. — $H\frac{1}{3}$ corrigirt durch Convex $3\frac{3}{4}$ 191. — Die Gesetze der Convexgläser 192.

Zwölfte Vorlesung.

Bestimmung des Fern- und Nahepunktes pag. 196—218.

Diagnose der Emmetropie 198. — Correction der Myopie 199. — Correction der Hypermetropie 205. — Refractionsmesser 207. — Thomson's Bestimmungsmethode des Fernpunktes 210. — Bestimmung des Fernpunktes an nahgelegenen Objecten 212. — Der Augenspiegel als Refractionsmesser 213. — Bestimmung des Nahepunktes 215.

Dreizehnte Vorlesung.

Erworbene Hypermetropie und Myopie pag. 219—265.

Typische und atypische Ametropie 219. — Hypermetropie erworben durch Hornhautabflachung 220. — Bei diphtheritischer Accommodationslähmung 223. — Im höheren Alter 227. — Aphakie 228. — Berechnung der Hypermetropie bei Aphakie 230. — Correctionsgläser bei Aphakie 232. — Fehlen der Accommodation bei Aphakie 235. — Controle des schematischen Auges 240. — Gang der Berechnung bei Aphakie 245. — Diagnose der Aphakie 248. — Sehstörung bei derselben 251. — Berechnung der Verkleinerungszahl 252. — Hypermetropie durch Vorrückung der Netzhaut 254. — Myopie erworben bei Keratoconus 255. — Bei Keratoglobus 257. — Bei Linsenluxation 260. — Durch Axenverlängerung 262. — Refraction bei Buphthalmus 264.

Vierzehnte Vorlesung.

Der Einfluss der Accommodation auf die Erscheinung der Myopie und Hypermetropie. Die Mittel, um den wahren Brechzustand des Auges zu erkennen pag. 265—288.

Wirkungen des Accommodationskrampfes 266. — Erscheinungsweisen der Hypermetropie 267. — Arten des Accommodationskrampfes 276. — Optometer 283. — Der Augenspiegel als Refractionsmesser 285. — Spiegel von Loring 287. — Spiegel von Cohn, v. Wecker 288.

Fünfzehnte Vorlesung.

Ueber Loupen- und ophthalmoscopische Vergrösserung pag. 289—329.

Scheinbare Grösse 289. — Projection des Loupenbildes 291. — Begriff und Berechnung der Vergrösserung 295. — Augenspiegelvergrösserung für einen bestimmten Fall 299. — Berechnung der scheinbaren Grösse 300. — Berechnung der Grösse des Gesichtswinkels 302. — Gesetze für die ophthalmoscopische Vergrösserung 306. — Absolutes Maass der Vergrösserung 307. — Vergrösserung im aufrechten und umgekehrten Augenspiegelbilde 311. — Kritik der Angaben Hock's 313. — Versuche 322.

Sechzehnte Vorlesung.

Das Sehen des Hypermetropen und Myopen. Die relativen Accommodationsbreiten der emmetropischen und ametropischen Augen pag. 329—356.

Sehen bei nicht facultativer Hypermetropie hohen Grades 330. — Verarbeitung der Zerstreuungskreise 334. — Differenz im Sehen bei relativer und absoluter Hypermetropie 338. — Sehen bei relativer Hypermetropie niederen Grades 339. — Bei facultativer Hypermetropie 340. — Sehen der Myopen 341. — Viel-

faches und entoptisches Sehen bei Myopie 344. — Beobachtungen von Dechales und Purkinje 347. — Relative Accommodationsbreiten bei Emmetropie 348. — Bei Myopie 350. — Bei Hypermetropie 353.

Siebzehnte Vorlesung.

enopie. Eintheilung derselben. Accommodative Asthenopie pag. 356—384.
Typisches Bild der Asthenopie 357. — Sehschärfe bei Asthenopie 358. — Accommodative Asthenopie 360. — Bei herabgesetzter Energie des Ciliarmuskels 361. — Bei Parese desselben 361. — Bei fehlerhaften relativen Accommodationsbreiten 363. — Bei Hypermetropie 364. — Frage nach der Heilbarkeit der accommodativen Asthenopie 366. — Diagnose und Therapie 368. — Beispiele 375. — Allgemeine Regeln 378. — Besondere Fälle 382.

Achtzehnte Vorlesung.

culäre, retinale, neuralgische Asthenopie pag. 384—420.
Erscheinungen der musculären Asthenopie 385. — Nachweis der Insufficienz der Mm. recti interni 386. — Unsicherheit des Gleichgewichtsversuches 389. — Prüfung der Fernabduction 390. — Formen der musculären Asthenopie 391. — Therapie 393. — Tenotomie bei Uebergewicht der Externi 401. — Prismatische Brillen und deren Anwendung 403. — Beispiel in Betreff des Gleichgewichtsversuches 411. — Retinale Asthenopie 413. — Neuralgische Asthenopie 418.

Neunzehnte Vorlesung.

Axenlängen des emmetropischen und ametropischen Auges. Die Ursachen der typischen Ametropie. Die Aenderung der letzteren durch atypische Momente pag. 420—462.
Schwankungen in der Länge des emmetropischen Auges 421. — Unterschiede in der ophthalmoscopischen Vergrösserung des Augengrundes emmetropischer Augen 422. — Unmassgeblichkeit der Axenlängen für den Augenbau 423. — Grösse des Hornhautradius bei Ametropie 424. — Kritik der Messungen der Constanten des lebenden Auges 425. — Durch Axenänderung erreichbare Grade der Ametropie 429. — Verhalten der Netzhautfunction bei Ametropie 431. — Anatomie des myopischen Auges 432. — Aetiologie des Langbaues 438. — v. Hasner's Theorie 439. — Schnabel's Ansichten 440. — Augenspiegelbefunde in Betreff des Conus 441. — Anatomie des hypermetropischen Auges 445. — Diagnostische Bedeutung des Conus 446. — Frage nach der stärkeren Brechkraft des dioptrischen Apparates bei Myopie 452. — Aenderung der Ametropie durch atypische Momente 456.

Zwanzigste Vorlesung.

logie und Verlauf von Hypermetropie und Myopie pag. 462—495.
Mikrophthalmus 463. — Brechzustand der Augen Neugeborener, der Kinder und Erwachsenen 464. — Entwicklungsart des emmetropischen Auges 465. — Anlage zur Hypermetropie 466. — Anlage zur Myopie 468. — Arten der Vererbung der Myopie 469. — Das Wesen der angeborenen Anlage zu Myopie 473. — Uebergang von Hypermetropie in Myopie 474. — Die Schädlichkeiten

der directen Anpassung 475. — Pathologische Processe bei Myopie 481. — Accommodationskrampf bei Myopie 483. — Myopia in distans 486. — Beispiele über Accommodationskrampf 487. — Rolle desselben 489. — Verlauf der Myopie 491.

Einundzwanzigste Vorlesung.

Functionen, Functionsstörungen, Beschwerden und Folgeerkrankungen des ametropischen Auges pag. 495—564.

Centrale Sehschärfe 495. — Gesetze für sphärische Gläser 498. — Empirische Bestimmung der verkleinernden Wirkung des Concavglases 499. — „Klippenfestfahren“ und „Ungereimtheit“ 502. — Ausdehnung des Sehfeldes 503. — Form desselben 515. — Einfluss der sphärischen Gläser auf dasselbe 518. — Ausdehnung des blinden Flecks und Abstand desselben vom Fixationspunkte 520. — Mouches volantes 533. — Reizerscheinungen 534. — Schwere Erkrankungen bei Myopie 535. — Störungen des Sehvermögens 536. — Metamorphopsie 537. — Absolute Accommodationsbreite bei Ametropie 540. — Excursion der Augenbewegungen 543. — Strabismus convergens 545. — Strabismus divergens 560.

Zweiundzwanzigste Vorlesung.

Die Zeichen des hypermetropischen und myopischen Auges. Ophthalmometrie der emmetropischen und ametropischen Augen pag. 564—656.

Aeussere Zeichen der Ametropie 564. — Ophthalmometrische Messung der Hornhaut nach Helmholtz, Coccius 568. — Coccius' Doppelbrechungsophthalmometer 570. — Methoden von Mandelstamm und Schoeler, von Donders 572. — Anordnung des ganzen ophthalmometrischen Apparates 573. — Tabellen 581. — Die Erscheinungen bei der Plattendrehung 582. — Unvollkommenheit des Ophthalmometers 585. — Gang der Messung 588. — Winkel α und γ 590. — Resultate bei Emmetropie 596. — Bei Hypermetropie 601. — Bei Myopie 608. — Berechnung der Elemente der Ellipse 620. — Bestimmung des Hornhautscheitels 621. — Der Hornhautmitte 624. — Resultate 625. — Krümmung der äusseren Hornhautfläche 628. — Bestimmung des Drehpunktes 634. — Lage des Drehpunktes bei Emmetropie 639. — Bei Hypermetropie 641. — Bei Myopie 643. — Verhältniss zwischen α und γ 649. — Einfluss des Augenbaues auf α und γ 651. — Strabismus und Winkel γ 653.

Dreiundzwanzigste Vorlesung.

Behandlung der Hypermetropie und Myopie. Anisometropie pag. 657—705.

Auswahl der Brillen bei Hypermetropie 657. — Behandlung des hypermetropischen Strabismus 661. — Prophylaxis bei Myopie 664. — Schuleinrichtungen 665. — Mittel gegen das Fortschreiten der Myopie 668. — Behandlung der Reizzustände 674. — Farbige Brillen 675. — Correction der Myopie durch Verminderung der Brechkraft des dioptrischen Systems 679. — Concavbrillen bei Myopie 684. — Begriff der Anisometropie 690. — Ursache der Anisometropie 692. — Verwendung der Augen bei Anisometropie 695. — Diagnose der Anisometropie 699. — Muskelverhältnisse bei Anisometropie 700. — Winkel α und γ 701. — Brillenwahl 703.

Vierundzwanzigste Vorlesung.

Astigmatismus pag. 706—809.

Brechung der Strahlen durch eine asymmetrische Fläche 706. — Brennstrecke, Brennlinien, Kreis der Brennstrecke 711. — Cylinderlinsen 713. — Cylindrisch-sphärische Gläser 715. — Bicylinder 717. — Erscheinungen bei Astigmatismus 718. — Formen des Astigmatismus 725. — Sehen der Astigmatiker 727. — Erhöhung der Sehschärfe durch Astigmatismus unter Umständen 729. — Sehstörung bei Astigmatismus 733. — Einfluss der Accommodation 734. — Ophthalmoscopische Erscheinungen bei Astigmatismus 736. — Bestimmung des Astigmatismus 739. — Bestimmung der Axe des Cylinders 744, — der Richtung der Hauptmeridiane 747. — Methoden von Young und Airy 749, — von Javal 751. — Bestimmung des Astigmatismus mit Hilfe der Stokes'schen Linse 753. — Probelinien und Strichbuchstaben 757. — Wahrer Werth von Astigmatismus 759. — Bestimmung des Astigmatismus der Hornhaut und der Linse 761. — Richtung der Hauptmeridiane 773. — Höhengrad, Aenderung des Grades, Häufigkeit der einzelnen Formen bei Astigmatismus 775. — Wesenheit der Krümmungsanomalie 776. — Aetiologie des Astigmatismus 778. — Verordnung der Cylindergläser 780. — Leistungen der Cylindergläser 782. — Kunstgriffe der Astigmatiker 783. — Erworbener Astigmatismus 786, — nach Staar- und anderen Operationen 786, — nach Hornhautentzündungen 788. — Unterstützung von Seite des Ophthalmometers 789. — Leistung schwacher Cylindergläser 790. — Astigmatismus nach Hornhautdurchbruch 791. — Irregulärer Astigmatismus 793. — Einfluss des angeborenen irreg. Astigmatismus bei der Sternprüfung 794. — Zunahme desselben im Alter, bei der Accommodation 799. — Erworbener irregulärer Astigmatismus 801. — Keratoconus 802.

Fünfundzwanzigste Vorlesung.

Presbytie, Accommodationslähmung. Mydriatica und Myotica. Brillen und andere Instrumente. Historische Bemerkungen. Nachträge pag. 810—878.

Abnahme von $\frac{1}{A}$ mit zunehmendem Alter 810. — Weitsichtigkeit, Presbytie 811. — Eintritt der Presbytie 812. — Donders über Presbytie 813. — $\frac{1}{A}$ bei Presbytie 815. — Erscheinungen der Presbytie 816. — Convexgläser bei Presbytie 817. — Presbytie bei Ametropie 821. — Accommodationslähmung 823. — Erscheinungen bei derselben 823. — Diagnose 825. — Aetiologie 825. — Prognose und Therapie 827. — Accommodationskrampf 828. — Mydriasis und Myosis 830. — Mydriatica, Atropin 830. — Daturin und Hyoscyamin 831. — Wirkung des Hyoscyamins 831. — Calabarbohne 832. — Wirkung der Calabarpräparate 832. — Muscarin 833. — Nebenerscheinungen bei der Wirkung der Mydriatica und Myotica 834. — Calabar gegen Atropin 835. — Therapeutische Verwendung des Atropins 835. — Anwendung des Calabars 836. — Präparate der Mydriatica und Myotica 838. — Brillengläser von Glas und Bergkrystall 839. — Periscopische Gläser 841. — Unterschied zwischen der Wirkung der homologen und heterologen bisphärischen

Gläser 841. — Centrirung der Brillen 844. — Kalloscopische Brillen 847. — Prismatische Wirkung der sphärischen Gläser 848. — Orthoscopische Brille 849. — Dissectionsbrille 850. — Pantoscopische Brillen 850. — Gläser mit zweifacher Brennweite 851. — Stenopäische Brillen 851. — Galilei'sches Fernrohr 852. — Glasconus 853. — Perspectivbrillen 853. — Leseglas, Smee's Vergrösserer, Brücke's Loupe 855. — Smee's Opernbrille 856. — Cylinderbrillen 856. — Loring's Combinationsbrillen für Aphakische 857. — Farbige Brillen 857. — Dioptrisch wirkende farbige Brillen 857. — Geschichte der Camera obscura 858. — Porta, Schott 858. — Priestley, Klügel, Libri über Porta 859. — Barbaro 860. — Leonardo da Vinci, Venturi, Caesariano, Don Papnutio 860. — Leonardo über das Auge 861. — Porta über das Auge 862. — Maurolycus 863. — Kepler 866. — Scheiner und Kircher über das Netzhautbild 866. — Huygens über Accommodation bei Myopen 868. — Aristoteles über Myopie und Presbytie 869. — Kepler unterscheidet die Refractionsanomalien 870. — Ebenso Janin 870. — Listing 871. — Stellwag v. Carion, Donders, Eduard v. Jäger 872 — Geschichte der Hypermetropie 873. — Geschichte der Myopie 874. — Geschichte des Astigmatismus 876. — Nachträge 877.

Corrigenda.

Pag.						lies	noch	statt	nach.
„	75	„	4	„	oben	„	$\frac{12}{216}$	„	$\frac{18}{216}$.
„	76	„	8	„	unten	„	c und c^1	„	e und e^1.
„	76	„	6	„	„	„	Blicklinien	„	Gesichtslinien.
„	93	„	6	„	oben	„	Paralipomena Cap. V. 3.		
„	100	„	19	„	„	„	so lange aus	„	so lange ein.
„	121	„	5	„	unten	„	1509—1575.		
„	124	„	10	„	oben	„	ziemlich	„	sehr.
„	153	„	5	„	unten	„	ophthalmoscopischen	„	ophthalmologische
„	156	„	10	„	oben	„	$f_1 k_1$	„	$f_1 k_2$.
„	185	„	12	„	„	„	relativ	„	retativ.
„	195	Tabelle IV, Col. III				„	$1/2$" vor k	„	1" vor k.
„	196	Zeile 9		von	oben	„	jene des	„	jene.
„	199	„	3	„	unten	„	dann $\frac{1}{30}$ vor	„	dem $1/30$ vor.
„	214	„	7	„	„	„	Concav $1^1/_2$	„	Concav $2^1/_2$.
„	214	„	2	„	„	„	$M\,\frac{1}{2^1/_4}$	„	$M\,1^3/_4$.
„	214	„	1	„	„	„	$\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{2^1/_4} = \frac{1}{18}$	„	$\frac{1}{1^3/_4}$ und $\frac{1}{2} = \frac{1}{1}$
„	338	„	19	„	oben	„	$1/12$	„	$1/21$.
„	421	„	3	„	„	„	tropisch	„	tropisca.
„	461	„	8	„	„	„	$+ 1/3 1/4$	„	$+ 1/3 1/7$.
„	461	„	4	„	unten	„	früher (pag. 255) Gesagte	„	früher [1]) Gesagte.
„	569	„	7	„	oben		soll der Punkt c mit den übrigen Punkten i einer Geraden stehen.		
„	595	„	20	„	„	„	aber	statt	oder.
„	635	„	1	„	„	„	Blickebene	„	Blicklinie.

Erste Vorlesung.

Einleitung. Das Auge als optisches Instrument. Physiologie des Sehens.

Wenn wir, meine Herren! das weite Gebiet der Augenheilkunde durchmustern, so müssen wir uns zugestehen, dass wohl auf keinem Theile derselben die physikalische Forschung, gestützt auf anatomische Grundlage, so schöne Resultate geliefert, so grosse Triumphe gefeiert, als gerade auf dem Felde der optischen Fehler des Auges.

Vor zwanzig Jahren wusste man von dem ganzen Gegenstande so viel wie Nichts. Man wusste nicht, dass die Myopie im Allgemeinen auf einer Verlängerung des Bulbus beruhe, die Hypermetropie und den ihr zu Grunde liegenden Formfehler kannte man nicht, und vom Astigmatismus waren nur einzelne Kunden von England zu uns herübergekommen, von den Wenigsten vernommen und auch von Diesen in ihrer wahren Bedeutung nicht gewürdigt. Und nun! Nach einer verhältnissmässig so kurzen Spanne Zeit ist es den vereinten Bemühungen einer Reihe von Männern gelungen, zu bewirken, dass, wie sich Gräfe an einer Stelle mit ähnlichen Worten ausdrückt, auf dem bis dahin nahezu unbebauten Felde eine üppige Saat aufgeschossen ist, deren Früchte in Donders' grossem Werke, das im Jahre 1864 die Presse der New Sydenham Society zu London verlassen hat, und von welchem wir durch Otto Becker eine deutsche Uebersetzung besitzen, zum grossen Theile aufgespeichert sind.

Meine Herren! Unsere Aufgabe ist es hier, uns mit den Errungenschaften auf dem genannten Felde unserer Wissenschaft vertraut zu machen, nicht in der Weise, dass wir in alle Details der Forschungen, in eine genaue historische Analyse derselben, in die Aufzählung der über streitige Punkte aufgestellten Meinungen eingehen, sondern es liegt vielmehr in unserer Absicht, ein übersichtliches Bild des Ganzen zu geben, indem wir es versuchen wollen, alles zur Sache Gehörige in einen wohlbegrenzten Rahmen zu spannen, und Lücken, die sich auf unserem Gebiete noch finden, wo möglich auszufüllen.

Ehe wir an unsere eigentliche Aufgabe gehen, ist es vor Allem nothwendig, dass wir die physikalischen Eigenschaften des Objectes, mit dessen physikalischen Abweichungen wir uns beschäftigen sollen, näher in's Auge fassen. Das Object ist das menschliche Auge. Seiner Construction nach entspricht es einer sogenannten Camera obscura, wie sie jeder photographische Apparat darstellt. In dieser dunkeln Kammer wird durch ein Linsensystem das umgekehrte Bild eines leuchtenden Objectes auf einem Schirme entworfen. Dasselbe ist beim Auge der Fall. Der dioptrische Apparat des Auges wird durch Cornea, Kammerwasser und Linse, der Schirm durch die Netzhaut dargestellt. Es entspricht dem Ideale eines Auges, dass von einem zu sehenden Objecte ein vollkommen scharfes, umgekehrtes Bild auf einer bestimmten Netzhautschichte entworfen wird, dass demnach die Strahlen, die von jedem einzelnen Punkte des Objectes ausgehen, auf der Netzhaut wieder je in Einem Punkte ihre Vereinigung finden.

Mit wenigen Worten haben wir die Ihnen wohlbekannte physikalische Wesenheit des Auges hingestellt. Allein bis man zur richtigen Ansicht der Dinge gelangte, hat es lange gewährt. Es ist ein wunderliches und interessantes Studium, wenn man sich mit den Schicksalen beschäftigt, welche die Theorie des Sehens im Laufe der Zeiten erfahren hat, wenn man sieht, wie selbst, nachdem Geister ersten Ranges die volle Wahrheit an's Licht gebracht, noch lange Zeit nachher von Zeit zu Zeit sich immer wieder Stimmen erhoben, welche sich nicht scheuten, die abenteuerlichsten Ansichten gegen die allein richtige in's Feld zu führen, wenn es auch nicht zweifelhaft sein konnte, auf welcher Seite schliesslich der Sieg verbleiben würde.

Als der Erste, welcher sich der richtigen Anschauung über den Modus des Sehens näherte, muss der gelehrte Abbé von Messina, Franciscus Maurolycus genannt werden, welcher im Jahre 1575 sich dahin aussprach, dass die Linse im menschlichen Auge einer Glaslinse zu vergleichen sei, die so wie diese die Strahlen breche. Er zog auch die Möglichkeit in Betracht, dass durch diese Linse in der Tiefe des Auges Bilder der Gegenstände entworfen werden könnten, aber er verwirft diese Idee aus dem Grunde, weil derartige Bilder umgekehrt sein müssten, und die Folge hievon, wie er meinte, wäre, dass wir Alles verkehrt sehen würden. Auf dem Pfade, der die Geschichte der Theorie des Sehens verfolgt, weiterschreitend, stossen wir zunächst auf Johann Baptist Porta, den Erfinder der Camera obscura. Er konnte nicht umhin, einige Jahre nach Maurolycus einen Vergleich zwischen *dem von ihm erfundenen* Instrumente und dem Auge zu ziehen. Er

verglich das Auge mit der dunkeln Kammer, hatte also hierin das Richtige getroffen, allein über jenen Theil, welcher den Schirm der Camera obscura vertreten sollte, stellte er eine durchaus unrichtige Ansicht auf, indem er glaubte, dass die Hornhaut allein die Brechung des Lichtes auf sich nehme, und dass die Bilder auf der Vorderfläche der Linse entworfen würden. Erst dem grossen Genius Johannes Kepler war es vorbehalten, die volle Einsicht in den Mechanismus des Sehens zu erlangen. Er war es ja auch, welcher der Erste die richtige Theorie über die Wirkung der Brillen und der optischen Instrumente im Allgemeinen entwickelte, er war es, der mit einem Schlage die Begründung aller hierher gehörigen Phänomene zu einer solchen Klarheit und Höhe erhob, dass seinen Nachfolgern beinahe Nichts zu thun mehr übrig blieb. In seinen zwei unvergänglichen hieher bezüglichen Schriften, von denen die eine: Ad Vitellionem Paralipomena, 1604 zu Frankfurt, die andere: Dioptrice, sieben Jahre später zu Augsburg erschien, sagt er, dass auf der Netzhaut ein umgekehrtes Bild des gesehenen Objectes entworfen wird, und stellt zugleich als Bedingung für das deutliche Sehen hin, dass das Bild auf der Netzhaut ein scharfes und deutliches sei.

„Dann erst," heisst es schon in dem erstgenannten Werke [1]), „ist das Sehen am deutlichsten, wenn alles Licht, das von einem und demselben Punkte kommt, wiederum gesammelt wird, so dass es einen einzigen Punkt der Netzhaut möglichst stark beleuchtet, und wenn gleichzeitig auf diesen Punkt der Netzhaut kein Strahl, der von irgend einem andern Leuchtpunkte ausgeht, auffallen kann."

Die Theorie des Sehens wurde zunächst durch den berühmten Jesuiten Christophorus Scheiner weiter gefördert, welcher auch als Derjenige genannt wird, der zuerst das auf der Retina entstehende umgekehrte Bildchen demonstrirte. Helmholtz führt in seiner physiologischen Optik an, dass Scheiner zuvörderst an Thieraugen die Retina im hintern Abschnitte des Bulbus durch Entfernung der Sclerotica und Chorioidea blosslegte, und später, im Jahre 1625, zu Rom den Versuch an einem menschlichen Auge anstellte. Doch glaube ich hier erwähnen zu sollen, dass in dem von Helmholtz citirten berühmten Werke Scheiner's: Oculus, sive fundamentum opticum, das zu Innsbruck im Jahre 1619 erschien, von dieser Demonstrirung des Netzhautbildes im Thierauge eben so wenig die Rede ist, als in der gleichfalls erwähnten, im Jahre 1652 zu London veröffentlichten Ausgabe desselben Werkes, die nur einen unveränderten Abdruck der ersten darstellt.

[1]) Cap. V. 2.

Ausführlich wird die Demonstrirung des Netzhautbildes erst von Des Cartes (1637) besprochen und durch Abbildung erläutert. Was Gerling im Jahre 1839 empfiehlt, dass man nämlich am hintern Pol des Auges sämmtliche Häute, auch die Netzhaut entfernen, und in das Loch, in welchem der Glaskörper bloss liegt, ein sphärisch gebogenes Glasplättchen oder ein Stückchen Marienglas einschieben solle, um darauf das Netzhautbild aufzufangen und so gut sichtbar zu machen, hat auch schon Des Cartes 200 Jahre früher gethan, nur dass er einen matten Schirm, ein Stück Eierschale oder ein anderes durchscheinendes Medium, zum Verschlusse des Glaskörperloches vorzog. „Wenn man ein so präparirtes Auge, mit der Cornea gegen verschiedene von der Sonne hellbeleuchtete Objecte gerichtet, in einem ganz verfinsterten Zimmer in einen entsprechenden Ausschnitt des Fensterladens bringt, dann wird man, wenn man nach dem obturirenden Schirmchen blickt, „non sine voluptate et forsan etiam admiratione“ auf demselben eine Zeichnung finden, welche alle Objecte, die ausserhalb des Zimmers in einer bestimmten Richtung und Entfernung gelegen sind, hinlänglich genau wiedergibt [1].“

War einmal das Auge als physikalisches Instrument aufgefasst, dann konnte es auch nicht fehlen, dass man es künstlich nachzuahmen versuchte. Ein solches künstliches Auge hat zuerst Huygens († 1695) beschrieben und abgebildet. Sein Auge zeigt (wie das reducirte Auge Listing's) nur Eine brechende Fläche, enthält also keine Linse, ist mit Wasser gefüllt, und besitzt eine der Iris entsprechende Blendung mit einem mässig grossen Loche in deren Mitte, letzteres aus dem Grunde „weil nur die Strahlen, die nächst der Axe einfallen, vollkommen gesammelt werden.“ „Dieser Bau des Auges“ meint Huygens [2]) „könnte als nicht fremd dem wirklichen angesehen werden, „etsi Opificis providentia ideo subtili ratione in his versata sit, ut non in omnibus artificium ejus assequi liceat.“

Mit Ausnahme der Ergründung der Rolle, welche jeder einzelne der das dioptrische System des Auges zusammensetzenden Theile bei der Strahlenbrechung im Innern des Auges spielt, war in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts der physikalische Theil der Theorie des Sehens zu jener Höhe gefördert, auf welcher er heute steht. Aber wie viele Anfechtungen musste diese Theorie noch erleiden! Von der einen Seite tauchten immer wieder Stimmen auf, die erklärten, dass es unsinnig sei, dass ein umgekehrtes Bild auf der Netzhaut entstehe, Stimmen, die

[1]) Dioptrice, Cap. V. 2.

[2]) Ch. Hugenii opuscula posthuma. Tom. I. Prop. 31.

lange nicht verstummten, die sogar noch 200 Jahre nach Kepler im Beginne dieses Jahrhunderts sich vernehmen liessen.

Eine andere Partei war dagegen, dass die Netzhaut die das Licht empfindende Schichte sei. Eine Entdeckung merkwürdiger Art hatte nämlich bei Männern, die einen guten Klang in der Wissenschaft haben, gewichtige Zweifel gegen die Ansicht Kepler's und Scheiner's geweckt, dass die Netzhaut das Licht wahrnehme. Es war dies eine Entdeckung, die ihrer Zeit ein wahrhaft ungeheures Aufsehen machte, die Auffindung des blinden Fleckes im Auge durch Mariotte. Mariotte fand nämlich, dass es eine Stelle in unserm Auge gebe, mit welcher wir absolut Nichts sehen. Wenn wir einen Gegenstand so vor unser Auge bringen, dass sein Bild auf die besagte Stelle fällt, so sehen wir ihn nicht. Es liegt diese Stelle dort, wo der Sehnerve in's Auge eintritt. Auf der Eintrittsstelle des Sehnerven, dem blinden oder Mariotte'schen Flecke, sind wir vollkommen blind, selbst das stärkste Licht, auf diesen Bereich concentrirt, ist nicht im Stande, die geringste Empfindung des Leuchtenden in unserem Auge zu erwecken. Mariotte folgerte aus seiner Entdeckung, dass die Netzhaut, die eine Ausbreitung des Sehnerven ist, nicht der für das Licht empfängliche Theil des Auges sein könne, denn gerade an der Eintrittsstelle des Sehnerven liegen ja die Fasern desselben massenhaft beisammen und gerade da ist das Auge vollkommen blind. An jener Stelle aber, wo der Sehnerve in's Auge tritt, muss er, um dies zu erreichen, die Aderhaut durchbrechen, an dieser Stelle findet sich in der Aderhaut ein Loch. Was folgt daraus?

Die Aderhaut ist jene Schichte, welche das Licht empfindet, denn so lautet die sophistische Schlussfolgerung: An der Stelle, wo die Sehnervenfasern am dichtesten liegen, sehen wir nicht, mithin kann der Sehnerve und seine Ausbreitung, die Netzhaut, für die Wahrnehmung des Lichtes nicht empfänglich sein, andererseits aber sehen wir mit allen Theilen des Auges, wo die Aderhaut sich findet, nur mit jenem nicht, wo sie fehlt, mithin ist die Aderhaut jenes Organ, welches das Sehen vermittelt. Dieser Ansicht Mariotte's schlossen sich mehrere, unter Anderen auch Méry an, er sprach sie aus in einem Vortrage, welchen er am 12. November 1704 in der königlichen Academie der Wissenschaften zu Paris „des mouvemens de l'iris et par occasion de la partie principale de la vue" hielt. Noch in neuer Zeit begegnen wir einem Physiker ersten Ranges, Sir David Brewster († 1868), welcher dieselbe Ansicht vertheidigte anno 1835.

Doch nein! Die Aderhaut ist nicht der empfindende Theil des Auges, es ist sicher, dass es die Netzhaut ist. Nur müssen wir na-

weisen, welche Theile der Netzhaut es sind, deren Erregung die Empfindung des Leuchtenden hervorruft, und müssen erklären, wie es kommt, dass an der Eintrittsstelle des Sehnerven die Fasern auf die Einwirkung des Lichtes nicht reagiren. Das Letztere fällt nicht schwer. Die Fasern des Sehnerven als solche sind vollkommen unempfindlich gegen das Licht. Es gibt in der Netzhaut andere Gebilde, welche den ersten Angriffspunkt für dasselbe abgeben. Es sind dies die in der äussersten Schichte derselben, der sogenannten Jacob'schen Haut gelegenen cylindrischen Stäbe und flaschenförmigen Zapfen, welche wie Palisaden dicht neben einander stehen. Die Stäbchen- und Zapfenschichte der Netzhaut ist es, welche wir als von der grössten Wichtigkeit für die Physiologie des Sehens betrachten müssen.

„Als empfindend kennen wir nur die Nerven"; sagt Brücke 1844 in seiner berühmten Arbeit über die stabförmigen Körper, [1]) „die Stäbe und Zapfen sind aber keine Nerven; es wäre desshalb eine Hypothese von unerhörter Kühnheit, wenn man sie als lichtempfindend betrachten wollte." Heutzutage ist diese zur Zeit des Brücke'schen Ausspruches unerhört kühne Hypothese beinahe zur Gewissheit geworden. Allerdings, würde Max Schultze mit seinen neueren Beobachtungen Recht behalten, dann würde man jetzt auf den Brücke'schen Standpunkt, der die äusserste Schichte der Netzhaut für einen Spiegelapparat erklärte, zurückkehren müssen. Die Sache ist nämlich die. Nach Max Schultze [2]) hätte man sich den Zusammenhang der Fasern des Opticus, welche die innerste nervöse Schichte der Netzhaut bilden, mit den Stäbchen und Zapfen so vorzustellen, dass jede Faser des Opticus in eine Zelle der Nervenzellenschicht eingeht, dass aus dieser Zelle nach entgegengesetzter Richtung gegen die äusseren Schichten hin sich fein verästelnde Fortsätze ausstrahlen, „welche die moleculare Schicht in verwickelten Bahnen durchsetzen, in der innern Körnerschicht in noch gänzlich unbekannte Beziehungen zu deren nervösen Zellen treten, um sich dann hier und in der Zwischenkörnerschicht zu den Stäbchen- und Zapfenfasern zu gruppiren." Diese Stäbchen- und Zapfenfasern sollen nun an der Membrana limitans externa neuerdings in eine grössere Anzahl feinster Fibrillen zerfallen, welche durch Löcher der genannten Membran hindurchtreten und auf der Oberfläche der Stäbchen und Zapfen festgewachsen bis gegen deren Ende verlaufen. In welcher Art diese feinsten Fäserchen, deren Anzahl Schultze auf 40—50 im Umkreise eines Zapfens und auf

[1]) Müller's Archiv.

[2]) Dessen Archiv, II. Band. 1866, pag. 217, und Retina in Stricker's Lehre, pag. 987.

8—12 in jenem eines Stäbchens schätzt, mit der Substanz des Zapfens oder Stabes in Verbindung treten, bleibt von dem genannten Forscher noch dahingestellt [1]). Was die Stäbe und Zapfen selbst anbelangt, so verdanken wir gerade den ausgezeichneten Untersuchungen Schultze's die wichtigsten Aufklärungen über diese Gebilde. Sowohl Stab als Zapfen besteht, wie zuerst Braun gezeigt hat, aus einem Innen- und einem Aussengliede, die durch eine scharfe Grenze von einander getrennt sind. Die Innenglieder der Zapfen sind birnförmig, die der Stäbe mehr cylindrisch. Letztere Gestalt haben im Allgemeinen auch die Stäbchen-Aussenglieder, während die Aussenglieder der Zapfen eine konische Form mit nach aussen gerichteter Spitze darbieten. Die Innenglieder der Stäbe und Zapfen zeigen nach Schultze's allerneuesten Angaben [2]) eine fibrilläre Structur; die schwach Licht brechende Grundsubstanz, aus welcher sie grossentheils bestehen, scheint sich ununterbrochen in das Aussenglied fortzusetzen; in diesem, dem Aussengliede, aber ist in die genannte Grundsubstanz eine grosse Anzahl stark- und doppelbrechender Scheiben ein- und dicht übereinander gelagert, so dass das macerirte Aussenglied in eine Rolle dieser Scheiben zerfällt.

In Betreff der Function und der Bedeutung dieser Endgebilde hat Max Schultze seine Ansicht wiederholt geändert. Zuerst glaubte er, dass nur das Innenglied als Nervenende, das Aussenglied aber als katoptrischer Apparat anzusehen sei, dann nach Entdeckung der Plättchenstructur des Aussengliedes acceptirte er die von Hensen (1865) vertretene Ansicht, (die Schultze eigentlich zu allem Anfang gehegt, aber dann wieder aufgegeben hatte), dass in den Aussengliedern die Empfindung des Lichtes und der Farbe erzeugt werde. Zu dieser Zeit hatte Max Schultze in Uebereinstimmung mit den meisten übrigen Histologen angenommen, dass das Innenglied sich direct in die unzweifelhaft nervöse Zapfen-, resp. Stäbchenfaser fortsetze, mithin die Stäbe und Zapfen die letzten Endigungen des Sehnerven seien. Die neue Beobachtung Schultze's jedoch, dass die Zapfen- und Stäbchenfasern in Fibrillen zerfallen, die auf der Oberfläche der Endgebilde lagern, und also nicht an deren Basis in sie übergehen, würde natürlich die Zapfen und Stäbe wieder aus der Reihe der nervösen Organe streichen und sie nur als eigenthümliche Endapparate erscheinen lassen, welche auf eine noch ungekannte Weise die Aetherschwingungen auf die mit ihnen verbundenen Nerven übertragen. Wir ständen dann, wie schon früher erwähnt, beiläufig wieder auf dem Standpunkte Brücke's.

[1]) Dessen Archiv, V. Band 1869. pag. 379.

[2]) Retina in Stricker's Gewebelehre, pag. 1003.

Allein es kann nicht unerwähnt gelassen werden, dass Schultze's diesbezügliche Beobachtungen bisher nicht bestätigt werden konnten. Landolt [1]) konnte mit den ausgezeichnetsten Vergrösserungen die auf die Oberfläche beschränkte Längsstreifung, welche den Nervenfasern entsprechen würde, an den Stäben der Retina der Amphibien nicht wahrnehmen und Merkel [2]) erklärt die Schultze'schen Nervenfibrillen für nichts anderes als für Faltungen einer bindegewebigen Hülle der Stäbe und Zapfen oder eckige und hervortretende Kanten der mit Reagentien behandelten Gebilde.

Endlich und schliesslich bin ich in der Lage, hier noch nachträglich bemerken zu können, dass Schultze in seiner neuesten Publikation die Ansicht Merkel's, ohne dieselbe zu kennen, selbstständig aufstellt und nun wieder darauf zurück kommt, „es könnte möglicherweise die Nervensubstanz mit den Innengliedern abschliessen und das Aussenglied einen nicht nervösen physikalischen Hilfsapparat darstellen [3])."

Ich habe Ihnen, meine Herren! eine gedrängte Uebersicht über den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse in Betreff des Baues und der Bedeutung der Elemente der Jacob'schen Membran gegeben und spreche mich selbst dahin aus, dass die Stäbe und Zapfen die Endigungen der Sehnervenfasern darstellen, ferner dass, wie schon das Verhalten der Sehschärfe des menschlichen Auges, wovon wir später handeln werden, es wahrscheinlich macht, in den Aussengliedern der Stäbe und Zapfen das Licht empfunden und das deutliche Bild auf der inneren Fläche des Aussengliedes entworfen wird. Es erfordert diese letztere Angabe noch folgende Betrachtung. Wenn Kepler sich für das deutliche Sehen einfach mit der Forderung begnügte, dass auf der Netzhaut ein scharfes Bild der einzelnen Leuchtpunkte entstehe, so müssen wir fragen, in welcher Schicht der Retina das deutliche Bild liegen müsse, soll die Wahrnehmung möglichst genau sein. Wenn wir die Stab- und Zapfenschicht als die empfindende betrachten, so ist es klar, dass auf oder in dieser das deutliche Bild zu liegen habe. Gewöhnlich verlegt man das deutliche Bild auf dieselbe, d. h. an deren Vorderfläche. Sind (Fig. 1) *a* und *b* zwei neben einander stehende Stäbe oder Zapfen und vereinigen sich die Strahlen, die einem leuchtenden Punkte angehören, auf der Vorderfläche in *o*, die Strahlen eines andern Leuchtpunktes im Punkte *p* des Nachbarstäbchens, dann wird von den Strahlen *o* ausschliesslich das Stäbchen *a*, von den Strahlen *p* ausschliesslich das Stäbchen *b* erregt. Die Strahlen, die, nach-

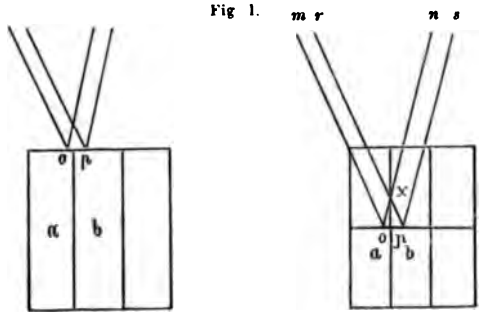
[1]) Schultze's Archiv VII. 1. pag. 96.

[2]) Reichert und Du Bois-Reymond's Archiv 1870. 5. Heft. pag. 642.

[3]) Retina, pag. 1002 und 1006.

dem sie sich in *o* und *p* zum Bilde gesammelt, sich wieder durchkreuzen, können doch, wie schon Brücke zeigte, aus ihrem Stäbchen nicht mehr hinausgelangen, also das Nachbarstäbchen nicht erregen, weil sie wegen ihrer schiefen Incidenz an der Grenzwand, in das Innere des Stabes hinein, total reflectirt werden. So bleibt die Erregung durch den leuchtenden Punkt *o* auf das Stäbchen *a*, die durch den Leuchtpunkt *p* auf das Stäbchen *b* beschränkt, und auf diese Weise wird die möglichste Isolirung des Sinneseindrucks angestrebt.

Fig 1.



Würde das deutliche Bild dagegen z. B. in der Mitte des Stäbchens entworfen, dann würde der Strahl *rp*, welcher dem Bildpunkte *p* angehört bei seinem Durchgange durch das Stäbchen *a* an der Grenzfläche in *x* nach *o* total reflectirt, und es würde das Stäbchen *a* nicht blos von dem Strahle *mo*, der dem Punkte *o* angehört, sondern auch von dem Strahle *rp* des Punktes *p*, und in ähnlicher Weise würde das Stäbchen *b* von dem Strahle *sp* des Punktes *p* und dem Strahle *no* (des Punktes *o*), der in *x* seine totale Reflexion nach *p* erfährt, afficirt und dadurch die Isolirung der Empfindung für die beiden Leuchtpunkte aufgehoben.

Da nun aber, wie wir sehen werden, thatsächlich, damit die Isolirung zweier Lichteindrücke stattfinde, die Breite eines ganzen Zapfens zwischen den beiden Bildpunkten gelegen sein muss und anderseits die Breite des Strahlenkegels, welcher einem einzelnen Leuchtpunkte entspricht, für den Fall, dass das Bild des Punktes in der Mitte des Zapfens läge, die Breite eines Zapfendurchmessers an seiner Basis nicht überschreitet und die Nachbarzapfen daher nicht mit erregt zu werden brauchen: so sind wir, falls andere Rücksichten dafür sprechen, in der Annahme, dass das deutliche Bild auf der Grenzfläche zwischen Innen- und Aussenglied entworfen wird, durch Nichts behindert.

Wir haben bei unseren bisherigen Betrachtungen nur bona fide angenommen, dass Stäbe und Zapfen den ersten Angriffspunkt für das Licht abgeben, und es ist desshalb unsere Pflicht, auch die Beweise für diese Behauptung beizubringen. Der schönste Beweis wäre der, wenn es gelingen würde, den directen Uebergang einer Sehnervenfaser durch die verschiedenen Schichten der Netzhaut hindurch bis in ein Stäbchen

oder einen Zapfen zu verfolgen. Man glaubte auch in der That einen solchen Uebergang gesehen zu haben, allein es war dies blos eine schöne Illusion. Wenn sich die Sache so verhält, wie sie Max Schultze sich vorstellt und wir früher angegeben haben, dann ist wohl auch die Hoffnung geschwunden, dass dieser Nachweis jemals gelingen werde. Trotzdem bietet die Anatomie zwei Thatsachen als mächtige Stützen für die allgemeine Annahme und die Physiologie springt ausserdem noch mit trefflichen Gründen helfend bei.

Die Anatomie zeigt, dass die von den Stäben und Zapfen ausgehenden Fasern, besonders die letzteren, die eine verhältnissmässig bedeutende Breite aufweisen, sich von den unzweifelhaften Endfasern des Opticus in der Faserschicht der Retina durch Nichts unterscheiden; sie zeigt ferner, dass an jener Stelle, an welcher die schärfsten Wahrnehmungen stattfinden, in der fovea centralis des gelben Flecks, von allen Schichten der Netzhaut eigentlich nur die Zapfenschichte sich vorfindet. In der ganzen Macula lutea finden sich überhaupt, wie Henle entdeckt hat, nur Zapfen und keine Stäbchen, so dass den Zapfen eine viel höhere optische Dignität, wie den Stäben zukommt und sie nach Max Schultze vielleicht allein die Farbenempfindung vermitteln.

In der Fovea erreichen die Zapfen eine besondere Feinheit d. i. einen besonders geringen Durchmesser, und andererseits eine besondere Länge. In jedem der Diameter der Fovea finden sich 50—60 Zapfen von gleichem, unverändertem Durchmesser. Dieser beträgt 3 Tausendstel Millimeter an ihrer Basis. Die Zapfen, die in der Peripherie des gelben Fleckes stehen, weisen einen solchen von 6 Tausendstel Millimeter auf, während anderseits die grösste Länge der Zapfen im Grunde der Fovea 0.118 M^m, d. i. mehr als dem Doppelten der Länge der Zapfen der peripheren Theile der Retina gleich ist. (M. Schultze [1]).

Von physiologischen hieher bezüglichen Thatsachen muss vor Allem jene aufgeführt werden, welche sich bei der Messung der Verschiebung der Netzhautgefässschatten im Gesichtsfelde ergibt. Erzeugt man mit Hilfe einer stark brechenden Convexlinse das scharfe Bild einer intensiven Leuchtquelle auf der äussern Fläche der Sclerotica, so sieht das in einen dunkeln Raum blickende Auge das Gesichtsfeld nunmehr erhellt und in demselben einen dunkeln Gefässbaum auftauchen. Es fällt jetzt Licht von einer ganz ungewöhnlichen, seitlich gelegenen Stelle auf die Netzhautgefässe, diese werfen ihre Schatten auf Partien der hinter ihnen gelegenen percipirenden Schichte, auf welche sie unter

[1]) Dessen Archiv, II. Band pag. 229 und Retina, pag. 1022.

gewöhnlichen Verhältnissen niemals fallen, dadurch werden sie sichtbar. Wenn das Lichtbild auf der Lederhaut hin und her wandert, so bewegt sich auch der dunkle Gefässbaum im Sehfelde. Was folgt daraus? Die grösseren Gefässe der Netzhaut liegen in deren innersten Schichte, jener der Nervenfasern nämlich. Wenn überhaupt ein Gefässschatten zu Stande kommt, so beweist dies, dass die das Licht wahrnehmende Partie in einem bestimmten Abstande hinter der Nervenfaserschichte gelegen sein müsse. Es ist klar, dass je grösser dieser Abstand, desto grösser die scheinbare Bewegung der Gefässschatten sein wird. Nehmen Sie, meine Herren! eine brennende Kerze, stellen Sie zwischen dieselbe und einen lichten Schirm, ein schmales, schattenwerfendes Object, z. B. einen Bleistift, so wird bei einer bestimmten Excursion, welche Sie die Lichtflamme machen lassen, der Schatten einen um so grössern Weg zurücklegen, je weiter der Stift vom Schirme absteht, und einen um so geringeren, je mehr er dem Schirme genähert ist. Umgekehrt werden Sie, um eine und dieselbe Ortsveränderung des Schattens zu bezwecken, eine um so grössere Bewegung mit der Kerze vornehmen müssen, je näher das Object dem Schirme steht. Endlich ist es klar, dass, ist die Grösse der Excursion des Leuchtobjectes und der dabei eintretenden des Schattens gegeben, das schattenwerfende Object nur in einer einzigen bestimmten Entfernung vom Schirme sich befinden kann. Aus der scheinbaren Bewegung der Netzhautgefässschatten beim oben erwähnten Versuche ergibt sich die wirkliche Grösse der Verschiebung derselben auf der Netzhaut und aus dieser Grösse, sowie aus der leicht mit dem Cirkel abzumessenden der Excursion des Leuchtbildes auf der Sclerotica lässt sich der Abstand des schattenwerfenden Objectes, der Netzhautgefässe, von dem das Licht percipirenden Schirme berechnen. Dies that Heinrich Müller und es zeigte sich, dass diese Distanz mit jener, in welcher die Stäbchenschichte hinter der Gefässausbreitung liegt, soweit übereinstimmt, dass dieser Versuch als ein vollkommen genügender betrachtet werden kann.

Sind die Stäbe und Zapfen für die Wahrnehmung des Lichtes unentbehrlich, sind sie es allein mit Ausschluss aller übrigen Elemente der Netzhaut (also auch der Nervenfasern), in welchen die Vibrationen des Lichtäthers die Empfindung des Leuchtenden erzeugen können, so wird die nothwendige Folge hiervon sein, dass wir mit jener Stelle Nichts sehen, an welcher sich keine Stäbe und Zapfen finden, dass wir demnach an der Eintrittsstelle des Sehnerven blind sind. Es wird aber die Netzhaut auch der Lichtempfindung stellenweise entbehren müssen, wenn es vorkommen sollte, dass an Stellen die Stäbe und

Zapfen von einem undurchsichtigen Gewebe gedeckt würden, in Folge dessen das Licht nicht bis zu ihnen vordringen könnte. Es ereignet sich dies in der That bisweilen unter physiologischen Verhältnissen. Die Fasern des Opticus, welche nach ihrem Durchtritte durch die Lamina cribrosa aufgehört haben, markhaltig zu sein, als vollkommen diaphane, marklose Fäden in die Netzhaut übergehen, nehmen bisweilen in grösserem oder geringerem Maasse am Rande des Opticuseintrittes wieder Mark an und behalten es eine Strecke weit während ihres Netzhautverlaufes. Otto Becker zeigte zuerst, dass der blinde Fleck in derartigen Augen eine Vergrösserung, der Ausdehnung der glänzenden flammigen Figur, welche in derartigen Fällen bei der Untersuchung mit dem Augenspiegel an die Papille sich anschliesst, genau entsprechend, erfährt. An dieser Stelle wird das Licht durch die undurchsichtige Faserschischte vollkommen aufgehalten, an dieser Stelle können die dahinter gelegenen Stäbe nicht erregt, kann die Empfindung des Leuchtenden nicht erweckt werden.

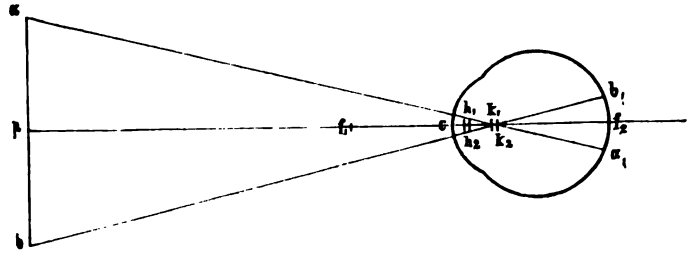
Die ganze Reihe wenigstens der gröberen physikalisch-physiologischen Vorgänge, wie sie beim Sehacte auf einander folgen, ist uns nun klar. Von dem eben betrachteten Objecte wird durch das lichtbrechende System des Auges ein scharfes, umgekehrtes und dabei verkleinertes Bild auf der Zapfenschichte der Fovea centralis der Netzhaut erzeugt. Die Stäbe und Zapfen werden dadurch auf eine Weise, die wir trotz vieler hierüber aufgestellter Hypothesen nicht kennen, zur Empfindung des Lichtes erregt, die Erregung wird von ihnen durch ein besonderes die Netzhaut durchsetzendes Fasersystem auf die Fibrillen des Sehnerven übertragen, durch die letzteren, welche im ausgezeichneten Grade tauglich sind, den Lichtimpuls zum Gehirne zu befördern, selbst aber für die Wahrnehmung des Lichtes vollkommen unempfindlich sind, zum Centralorgane geleitet und hier in den dazu bestimmten Theilen zum Bewusstsein gebracht.

Insoweit als es bisher geschehen, mussten wir in die Theorie des Sehactes eingehen, denn die Folge aller Refractions- und Accommodationsanomalien ist die, dass das Netzhautbild unter Umständen nicht an jener Stelle oder in jener Deutlichkeit erscheinen kann, wie es eine scharfe Wahrnehmung erfordert, und all' unser Streben, das Endziel unserer Studien auf dem genannten Gebiete unserer Wissenschaft ist dahin gerichtet, dass wir auf irgend eine Weise mit Zuhilfenahme optischer Behelfe das Bild auf die richtige Stelle der Netzhaut werfen und bewirken, dass es auf derselben in möglichster Präcision erscheine.

Die physikalische Construction des Auges müssen wir jedoch noch etwas näher beleuchten. Das Auge ist ein zusammenge-

setztes dioptrisches System, aus dem die Cornealkrümmung darbietenden Kammerwasser — die Cornea als solche hat wegen ihrer uhrglasförmigen Gestalt einen gänzlich zu vernachlässigenden Einfluss auf den Gang der Lichtstrahlen — und der Linse bestehend. Das erste, vor dem brechenden Systeme gelegene Medium ist für gewöhnlich Luft, das letzte, jenes, in welchem die Strahlen nach der letzten Brechung verlaufen, ist Glaskörper. Die in jedem zusammengesetzten optischen Systeme zu unterscheidenden Cardinalpunkte, die beiden Haupt-, Knoten- und Brennpunkte, haben zwar nicht in jedem Auge genau dieselbe Lage, allein für theoretische Betrachtungen ist es unumgänglich nothwendig, sich an ein schematisches Auge zu halten. Ein solches hat Listing aufgestellt und Helmholtz acceptirt, indem er nur in Betreff des Abstandes der Linsenflächen von der Cornea und der Dicke der Linse einige kleine Modificationen anbrachte. In diesem Auge (Fig. 2) beträgt die hintere

Fig. 2.



Brennweite $h_2 f_2$ 19·875 M$^{m.}$, d. h. parallel auf die Hornhaut von vorne auffallende Strahlen werden 19·875 M$^{m.}$ hinter einem Punkte, h_2, der den Namen des 2. Hauptpunktes führt und 2·356 M$^{m.}$ hinter der Vorderfläche der Cornea liegt, in einem Punkte, dem 2. Brennpunkte, f_2, vereinigt, während Strahlen, die parallel aus dem Glaskörper kommend, auf die Hinterfläche des dioptrischen Systems fallen, nach ihrer letzten Brechung in dem 1. Brennpunkte f_1 ihre Vereinigung finden, einem Punkte, der 14·858 M$^{m.}$ vom 1. Hauptpunkte, h_1, absteht, welch' letzterer 1·940 M$^{m.}$ hinter der Vorderfläche der Cornea gelegen ist. Die beiden Hauptpunkte stehen ungefähr in der Mitte der vorderen Augenkammer und sehr nahe an einander, nur vier Zehntheile eines Millimeters (0·416 M$^{m.}$) von einander entfernt.

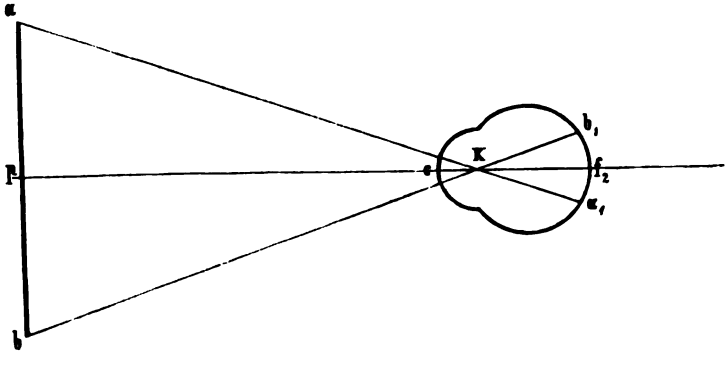
Ein wichtiges Punktpaar haben wir noch zu betrachten, die beiden Knotenpunkte. Sie liegen sehr nahe der hintern Linsenfläche, der eine etwas vor, der andere hinter ihr, 6·957 und 7·373 M$^{m.}$ vom Cornealscheitel, von einander *so weit wie die* Hauptpunkte abstehend. Die

Kenntniss ihrer Lage genügt, um die Grösse des Netzhautbildes eines Objectes zu bestimmen. Ist $a\,b$ das leuchtende Object so finden wir, vorausgesetzt, dass ein genaues Bild auf der Netzhaut entworfen wird, die Grösse desselben, wenn wir von den Endpunkten a und b des Objectes gerade Linien zum 1. Knotenpunkte, k_1, und vom 2. Knotenpunkte, k_2, mit diesen Parallele ziehen, und die letzteren so weit verlängern, bis sie die Netzhaut in a_1 und b_1 schneiden. Dann stellt $a_1\,b_1$ die Grösse des Netzhautbildes dar.

In Listing's schematischem Auge ist das Ideal des Auges verwirklicht. Es werden in demselben die parallel auf die Cornea auffallenden, also von einem unendlich entfernten Leuchtpunkte kommenden Strahlen durch das dioptrische System des Auges wieder in Einem Punkte, und zwar auf der Netzhaut vereinigt, daher die letztere durch den 2. Brennpunkt geht. Die Länge eines solchen Auges, $c\,f_2$, von dem Vorderscheitel der Hornhaut bis zur empfindenden Netzhautschichte gerechnet, beträgt 22·231 M$^{m.}$, da ja $c f_2 = c\,h_2 + h_2 f_2 =$ 2·356 + 19·875 = 22·231 M$^{m.}$

Das Listing'sche schematische Auge können wir noch bedeutend vereinfachen. Listing selbst stellte noch ein sogenanntes reducirtes Auge auf, und Donders reducirte es weiter, indem er die Listing'schen Zahlen abrundete. Nach ihm können wir das reducirte Auge durch eine einzige brechende Fläche (Fig 3), deren Krümmungshalbmesser

Fig. 3.



5 M$^{m.}$ beträgt, vor welcher sich Luft und hinter welcher sich Wasser befindet, darstellen. Haben wir es mit einer einzigen brechenden Fläche zu thun, dann fallen die beiden Haupt- sowie die beiden Knotenpunkte je in Einen Punkt zusammen. Der Eine Hauptpunkt liegt in dem Scheitel, der Eine Knotenpunkt in dem Krümmungscentrum der brechenden Flä-

che, daher $ck = 5$ M^{m}. Die vordere Brennweite, d. i. der Abstand des vorderen Brennpunktes vom 1. Hauptpunkte, in unserm Falle vom Scheitel der brechenden Fläche beträgt 15 M^{m}, während die hintere Brennweite, die Entfernung des 2. Brennpunktes vom 2. Hauptpunkte, id est wiederum von der brechenden Fläche 20 M^{m} gleich kommt und $kf_2 = 15$ M^{m} ist. Das Auge soll wiederum die Bedingung erfüllen, dass parallele Strahlen auf der Netzhaut vereinigt werden, es muss demnach der hintere Brennpunkt in derselben liegen, die Augenaxe also eine Länge von 20 M^{m} haben.

Der Sinn eines derartigen reducirten Auges ist der, dass wir es bei den dadurch wesentlich vereinfachten Rechnungen statt des schematischen verwenden können, indem es von Objecten Bilder entwirft, die den vom schematischen Auge erzeugten als in jeder Beziehung gleichend angesehen werden können. Nur Ein Beispiel mag erläutern, mit welcher Leichtigkeit wir etwa die Grösse des Netzhautbildes eines Objectes von bestimmtem Durchmesser und bestimmtem Abstande vom Auge mit Zugrundelegung des reducirten Auges berechnen können. Es werde (Fig. 3) vom Objecte ab ein deutliches Bild auf der Netzhaut hergestellt. Wir finden die Grösse des Bildes, wenn wir von den Punkten a und b durch den Knotenpunkt k des reducirten Auges A die geraden Linien aa_1 und bb_1 bis zur Retina ziehen. Wie gross ist das Bild $a_1 b_1$, im Vergleiche zum Objecte? Es verhält sich nach einfachen geometrischen Regeln die Grösse des Objectes, ab, zur Grösse des linear gedachten Bildes, $a_1 b_1$, wie der Abstand des Objectes vom Knotenpunkte, pk, zum Abstande des Bildes von demselben Punkte, $f_2 k$, also

$$ab : a_1 b_1 = pk : f_2 k.$$

Der Abstand des Objectes vom Auge, pc, betrage z. B. 11995 M^{m}, mithin ist $pk = pc + ck = 11995 + 5 = 12000$ M^{m}

mithin $$ab : a_1 b_1 = 12000 : 15 = 800 : 1,$$

also $$a_1 b_1 = {}^1/_{800}\, ab.$$

Da nun eben das reducirte Auge die Bedeutung des wirklichen menschlichen haben soll, so folgt daraus, dass das Netzhautbild eines 11995 M^{m} von einem Auge, das im Ruhezustande parallele Strahlen auf seiner Netzhaut zu vereinigen vermag, abstehenden Objectes einen 800mal geringeren Durchmesser als das Object selbst hat, wobei wir die Aenderung der Lage des Knotenpunktes durch die Accommodation für den 11995 M^{m} entfernten Punkt vorläufig vernachlässigt haben.

Zweite Vorlesung.

Begriff der Refraction und Accommodation des Auges. Veränderungen im Auge während der Accommodation.

Meine Herren! Zunächst ist es jetzt an uns festzustellen, was wir unter Refraction und Accommodation des Auges zu verstehen haben. Denken wir uns ein frisch aus der Orbita herausgenommenes Menschenauge, so kommt demselben vermöge seines anatomischen Baues eine bestimmte Brechkraft oder Refraction zu, d. h. es werden parallele Strahlen, die auf die Cornea fallen, in einer bestimmten Entfernung hinter derselben vereinigt. Je nachdem der dioptrische Apparat des Auges das Licht stärker oder schwächer bricht, wird der Vereinigungspunkt genannter Strahlen in geringerer oder grösserer Entfernung hinter der Cornea liegen. Das Auge ist demnach in dieser Hinsicht ganz einem künstlichen optischen Instrumente zu vergleichen, welches ein bestimmtes und insolange unveränderliches Brechungsvermögen besitzt, als die componirenden Theile in ihrem Brechungsvermögen, der Krümmung ihrer Oberflächen und ihrem gegenseitigen Abstande keine Aenderung erfahren. Nach dem Gesagten ist die Refraction des Auges vollkommen unabhängig davon, dass es ein Theil eines lebenden Organismus ist; dem todten, sonst nicht veränderten Auge kommt dieselbe Brechkraft, wie dem lebenden zu.

Wir können uns, meine Herren! wenn wir vom schematischen und reduzirten Auge ausgehen, den dioptrischen Apparat desselben durch eine Glaslinse von 15 M$^{m.}$ Brennweite, vor und hinter welcher sich Luft befindet, vergegenwärtigen. Eine derartige Glaslinse bricht das Licht in ganz analoger Weise, wie das dioptrische System des Auges, erzeugt von Objecten, die in einer bestimmten Entfernung sich finden, ebenso grosse Bilder wie das Auge. Allein, wenn auch demnach der Apparat des todten Auges oder des lebenden, in welchem alle lebendigen Kräfte ruhen, oder durch Giftwirkung zur Ruhe verdammt sind, einer Glaslinse zu vergleichen ist, so ist dies doch mit dem des lebenden Auges, in welchem die Kräfte in normaler Weise thätig wirken, durchaus nicht der Fall.

Nehme ich (Fig. 4) eine Convexlinse von 3″ B. W., so fällt das Bild eines in der Linsenaxe gelegenen unendlich weit entfernten Lichtpunktes *a* in deren Brennpunkt, etwa auf einen daselbst befindlichen *Schirm AB.* Rückt der Leuchtpunkt in endliche Entfernung, so rückt

das Bild über den Brennpunkt hinaus. So liegt es z. B. nicht 3, sondern 6 Zoll hinter der Linse, in b, falls a nach a_1 in die Entfernung von 6″ von der Linse gerückt ist. Will ich bewirken, dass das

Fig. 4.

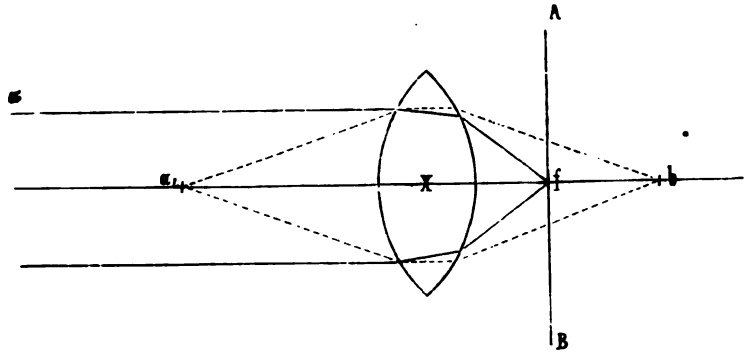
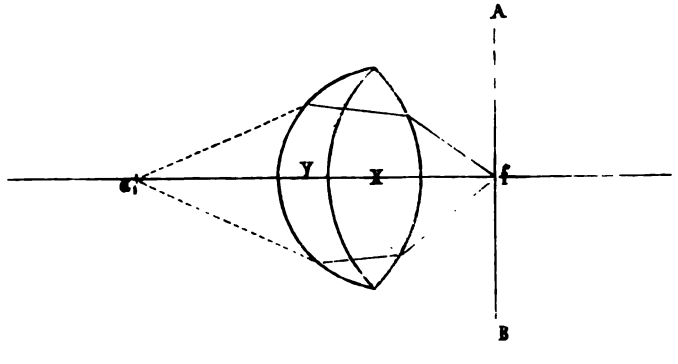


Bild des Leuchtpunktes auch jetzt noch auf den Schirm falle, so muss ich (Fig. 5) auf die Linse x noch eine Linse y von 6″ B. W. auflegen. Die Strahlen, die von a_1 ausgehen, werden durch die 1. Linse y, da

Fig. 5.



sie von deren Brennpunkte ausgehen, parallel gemacht, fallen als solche auf die Linse x, von welcher sie nunmehr in deren Brennpunkte, also auf dem Schirme gesammelt werden können, daher jetzt, sowie früher von a, auch von a_1 ein deutliches Bild in f erzeugt wird.

Nicht die Linse x, sondern das lebende Auge möge nun der lichtbrechende Apparat sein, welcher von dem unendlich entfernten Leuchtpunkte a ein Bild formirt. Es werden sich die Strahlen im hintern Brennpunkte des Auges einigen, und wenn die Zapfenschichte der Netzhaut

gerade durch den hinteren Brennpunkt des Auges geht, so wird auf derselben ein scharfes Bild von a entworfen. Rücke ich jetzt den Punkt a nach a_1, so würde das Bild, falls das Auge seine Refraction nicht ändern könnte, hinter die Zapfenschichte fallen müssen, auf derselben würde kein deutliches Bild sich ausprägen. Während der Punkt a vom Auge deutlich und scharf gesehen wurde, würde a_1 in undeutlichem, verschwommenem Bilde erscheinen. Die Erfahrung lehrt aber, dass das normale jugendliche Auge auch in der Entfernung von 6″ vollkommen deutlich sehe, also auch noch von a_1 ein vollkommen deutliches Bild auf der Stabschichte formire. Wie ist dies möglich?

Meine Herren! Wir sagten, dass wir uns das dioptrische System des Auges durch eine Convexlinse von 15 M$^{m.}$ B. W. vorstellen können. Steht ein Schirm 15 M$^{m.}$ hinter dem optischen Centrum dieser Linse, so werden die Strahlen des Leuchtpunktes a sich in einem Punkte des ersteren sammeln, und damit hierauf auch die Strahlen des in 6″ Abstand gelegenen Punktes a_1 sich dorthin vereinigen, muss zu der den brechenden Apparat des Auges darstellenden Convexlinse noch eine solche von 6″ B. W. hinzugegeben werden, sonst liegt die deutliche Wahrnehmung des Punktes a_1 nicht im Bereiche physikalischer Möglichkeit.

Da das Auge nun factisch nicht blos einen Punkt a, sondern auch einen Punkt a_1 deutlich zu sehen vermag, so folgt daraus mit zwingender Nothwendigkeit, dass das Auge die Fähigkeit besitzt, sich selbst eine Linse zuzulegen, welche in dem genannten Falle einer Glaslinse von 6″ B. W. gleichwerthig ist. Das lebende Auge ist also im Stande, selbstthätig seine Refraction zu ändern, zu jener Linse, welche es in Folge seiner Refraction repräsentirt, sich selbstthätig, durch in ihm wirkende Muskelkräfte nämlich, Linsen verschiedener Brennweiten zuzulegen. Diese letztere Eigenschaft des Auges, wodurch es ihm möglich wird, in verschiedenen Entfernungen gelegene Objecte in auf einander folgenden Zeiträumen deutlich zu sehen, diese Eigenschaft, welche nicht aus dem anatomischen Baue des Auges resultirt, sondern der Ausdruck einer lebendigen im Auge thätigen Kraft ist, ist das Accommodationsvermögen des Auges. Besässe das Auge keine Accommodation, so könnte es demnach nur in einer einzigen Entfernung deutlich sehen, sowie ja auch eine Glaslinse auf einem in unbeweglichem Abstande von ihr befindlichen Schirme nur von Objecten, die in einer einzigen bestimmten Entfernung von ihr sich finden, deutliche Bilder zu entwerfen vermag.

Erwähnt sei hier, dass die Ausdrücke: Accommodation und Adaptation des Auges als Synonyma gebraucht wurden und auch wohl noch gebraucht werden, doch rathen wir nach Aubert's Vorgange, unter Adaptationsvermögen des Auges ausschliesslich die Fähigkeit desselben, sich verschiedenen Lichtintensitäten anzupassen, unter Accommodation dagegen seine Fähigkeit, den dioptrischen Apparat für verschiedene Entfernungen einzustellen, zu verstehen.

Ist der Begriff der Accommodation festgestellt, so haben wir noch zu erörtern, welchem Mechanismus das Auge diese wunderbare Eigenschaft zu verdanken hat. Indem wir sagten, dass wir uns die Accommodation in der Weise vorzustellen haben, dass das Auge seinem in Form einer convexen Glaslinse gedachten dioptrischen Systeme selbst eine Linse beifügen könne, haben wir den Vorgang angedeutet, wie er in der That in ganz ähnlicher Weise im lebenden Auge statt hat. Die Accommodation kommt nämlich dadurch zu Stande, dass die Linse im Auge sich gleichsam eine Linse vorsetzt und zwar dadurch, dass ihre vordere Fläche an Convexität zunimmt und ihr vorderer Pol vorrückt, sich der Hornhaut nähert, während die hintere Fläche ebenfalls und zwar begreiflicher Weise nach rückwärts etwas convexer wird, wobei der hintere Linsenpol an seiner Stelle bleibt, oder gleichfalls, wenn wir den Experimenten von Hensen und Voelckers [1]) an lebenden Hunden Rechnung tragen, seinen Ort um ein Geringes verlässt, nämlich gegen den Glaskörper zurückrückt.

Von der Zunahme der Krümmung der vordern Linsenfläche beim Nahesehen überzeugt man sich durch eine geeignete Beobachtung der von ihr entworfenen Reflexe. Die Hornhaut, wie die vordere und hintere Linsenfläche wirken nicht blos als brechende, sondern auch als spiegelnde Apparate. Als Convexspiegel von scharfer Krümmung erzeugen Hornhaut und vordere Linsenfläche von allen in unendlicher und positiv endlicher Entfernung, d. h. von allen vor ihnen gelegenen Objecten aufrechte und verkleinerte Bilder. Das Bild, welches ein Convexspiegel von einem bestimmten Gegenstande entwirft, wird aber um so kleiner, je mehr die Krümmung des Spiegels zunimmt, je kleiner sein Krümmungsradius wird. Es lässt sich nun durch directe Beobachtungen des lebenden menschlichen Auges nachweisen, dass das Bild der

[1]) Experimentaluntersuchung über den Mechanismus der Accommodation, 1868, pag 32.

vorderen Kapsel beim Nahesehen kleiner wird, ein unumstösslicher Beweis für das Abnehmen des Radius der vorderen Linsenfläche.

Vor 22 Jahren (1849) hat Max Langenbeck diese merkwürdige Beobachtung zuerst gemacht und aus derselben auch richtig gefolgert, dass die Linse beim Sehen in die Nähe an Convexität gewinne. Allein seine Angabe blieb zunächst unbemerkt, hatte doch der geniale Thomas Young nahezu ein halbes Jahrhundert früher (1801) es nicht blos, wie Viele vor ihm ausgesprochen, dass die Accommodation durch die Linse bedingt würde, sondern auch Beweise dafür beigebracht, die als vollgiltig angesehen werden müssen, und wie war er verstanden, wie waren seine Angaben seiner Zeit gewürdigt worden!

Zum Durchbruche kam die richtige Anschauung über die Rolle der Linse bei der Accommodation erst durch Cramer's Versuche (1851), an welche ganz unabhängig sich die von Helmholtz (1853) anschlossen. Die genannten Forscher gaben Methoden an, durch welche man sich mit Sicherheit von den Veränderungen der vorderen Linsenfläche überzeugen konnte, und Helmholtz fügte noch die Beobachtung über die Krümmungszunahme der hinteren Linsenfläche bei. Nach ihm erfährt das hintere Kapselbild in Augen, welche eine gute Accommodation besitzen eine Verkleinerung um etwa $^1/_{12}$ seiner Grösse, (nach Woinow eine noch bedeutendere), während das von der vordern Linsenfläche erzeugte Bildchen beim Sehen in die grösste Nähe ungefähr $^5/_9$ jener Grösse aufweist, welche es bei der Erschlaffung des Accommodationsapparates, beim Sehen in die Ferne besitzt. Unter Zugrundelegung des schematischen Auges, in welchem, wenn es sich im Zustande der Accommodationsruhe befindet, der Krümmungshalbmesser der Hornhaut 8 M$^{m.}$, jener der vorderen Linsenfläche 10 und der der hintern 6 M$^{m.}$ beträgt, wobei der vordere Linsenpol 3·6 M$^{m.}$, der hintere 7·2 M$^{m.}$ hinter der Vorderfläche der Cornea liegt, die Linse demnach in ihrer Axe einen Durchmesser von 3·6 M$^{m.}$ besitzt — unter Zugrundelegung eines derartigen Auges nimmt Helmholtz folgende Veränderungen der Linse während des Accommodationsactes an. Während die Hornhautkrümmung unverändert bleibt, verkürzt sich der Radius der vorderen Linsenfläche von 10 auf 6, jener der hintern von 6 auf $5^1/_2$ M$^{m.}$ Die vordere Linsenfläche rückt hiebei um $^1/_{10}$ M$^{m.}$ vor, und da der hintere Linsenpol seinen Ort nach Helmholtz nicht verlässt, so beträgt auch die Dickenzunahme der Linse $^1/_{10}$ M$^{m.}$, so dass in diesem Zustande des Auges der Linsendurchmesser gerade 4 Millimetern gleichkommt. Die genannten Veränderungen reichen nach Helmholtz's Berechnungen aus, um aus der unendlichen Entfernung bis auf jene von

5″ zu accommodiren. Diese Breite der Accommodation ist eine ziemlich bedeutende zu nennen. Allerdings ist das Auge eines ganz jugendlichen Individuums, wie wir sehen werden, im Stande, sich eine noch stärkere Linse zuzulegen, dies nöthigt uns aber nicht etwa, andere Hilfsmittel der Accommodation zu Hilfe zu rufen, wir müssen vielmehr mit Bestimmtheit annehmen, dass die Linsenveränderungen hierbei bedeutender sind, als sie Helmholtz vollkommen richtig für das Auge eines erwachsenen, etwa 20jährigen Individuums angenommen hat.

Zur Beobachtung der Linsenbilder hat Coccius [1]) in neuerer Zeit die binoculare Loupe (man kann als solche den Giraud-Teulon'schen binocularen Augenspiegel mit Vorsetzung einer Convexlinse von 8—12″ B. W. verwenden) empfohlen. In der Entfernung von 2—2½′ wird zur Seite und vor dem zu prüfenden Auge eine Oellampe und 6—8″ von dieser, zwischen ihr und dem Auge eine mit dem Auge gleich hoch gestellte Convexlinse von 12″ B. W. zur Verstärkung der Beleuchtung angebracht. Das vordere Kapselbild wird nun mit der binocularen Loupe betrachtet, während der Untersuchte zunächst in die Ferne blickt. Diese Untersuchungsmethode hat nach Coccius den Vortheil, dass man das Linsenbild in anderer Weise als mit Einem Auge wahrnimmt. Man sieht es nämlich vermöge einer genaueren Accommodation und des stereoskopischen Sehens in viel schärferem Umrisse und in einer gewissen Perspective in der Tiefe der Linse. Tritt beim Nahesehen eine Zunahme der Convexität der vorderen Linsenfläche ein, so wird das Bild kleiner und bewegt sich zugleich von hinten nach vorne. Das Bild nähert sich nämlich der hintern Fläche eines Convexspiegels, wenn der letztere an Convexität zunimmt; dazu kommt noch, dass in unserem Falle der spiegelnde Apparat selbst vorrückt.

Die Veränderungen, welche die Linse eingeht, sind die einzigen, welche man für das menschliche Auge mit Bestimmtheit als bei der Accommodation für die Nähe eintretend kennt. So sehr aber auch die Rolle, welche der bewegte Theil, die Linse, hiebei spielt, über jeden Zweifel erhaben ist, so haben sich andererseits über die Art und Weise, wie der bewegende Theil seine Function versieht, die Forscher noch durchaus nicht geeinigt. Doch glauben wir, hervorheben zu müssen, dass bei genauer Berücksichtigung des kostbaren Materials, welches uns Anatomie und Physiologie, die theoretische Betrachtung und das Experi-

[1]) Der Mechanismus der *Accommodation* des menschlichen Auges nach Beobachtungen *im Leben. 1868. pag. 136* und 137.

ment an Thieren, sowie die Beobachtung am Lebenden bis zum heutigen Tage geliefert haben, nach unserer Ansicht der Mechanismus der Accommodation als vollkommen ergründet zu betrachten ist.

Der erste Schritt zur Enträthselung dieses wunderbarsten und feinsten Mechanismus, welchen die Natur vielleicht geschaffen, war gethan, als Ernest Brücke den 8. Juli 1846 (in der medizinischen Zeitung des Vereins für Heilkunde in Preussen) die Mittheilung machte, dass das bis dahin unter verschiedenen, gewöhnlich unter dem Namen des Ligamentum ciliare bekannte Gebilde kein Ligament, sondern ein aus glatten Faserzellen zusammengesetzter Muskel sei. Er erkannte, so wie unabhängig von ihm Bowman, die von vorn nach hinten verlaufenden Fasern des Muskels, während van Reeken (1855) zuerst, ohne ihrer ausdrücklich zu gedenken, circuläre Fasern abbildete, die Heinrich Müller hierauf als eine eigene, nach innen von den Längsfasern liegende Ringschichte beschrieb. Die nachfolgenden Untersuchungen über den in Rede stehenden Muskel durch Arlt, Mannhardt, G. Meyer und Henle wurden durch jene von Franz Eilhard Schultze (1867 [1]) vervollständigt, mit denen auch die Iwanoff's und Rollett's [2]) übereinstimmen. Schultze gelangte dadurch zu einer besonders genauen Kenntniss der Structurverhältnisse des Muskels, dass er sich zur Erhärtung der Theile des Chlorpalladiums (1 Theil Chlorpalladium auf 800 Theile Wasser) bediente, durch welches Reagens die glatten Muskelfasern hellstrohgelb, bei längerer Einwirkung des Mittels dunkelgelb gefärbt werden, während das zwischenliegende Bindegewebe ungefärbt bleibt. Legt man überdies die gewonnenen Schnitte in eine Lösung von carminsauerem Ammoniak, so nimmt das Bindegewebe hierdurch eine tiefrothe Farbe an, während die Tingirung der durch Chlorpalladium veränderten Theile sich nicht ändert. Auf derartigen Präparaten tritt dann nach Schultze der Unterschied zwischen muskulösen und bindegewebigen Elementen besonders deutlich hervor.

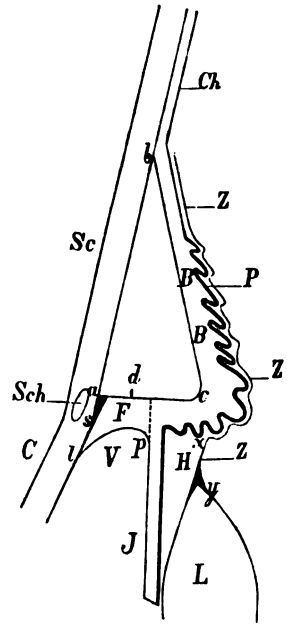
Die vorliegende Abbildung (Fig 6) wird Ihnen, meine Herren! die Lage, Form und Beschaffenheit des Brücke'schen Muskels klar machen. Sie haben einen Theil eines von vorn nach rückwärts durch die Augenaxe gelegten Augapfeldurchschnittes vor sich, in welchem die über der Linse gelegenen Theile der Deutlichkeit wegen in stärkerer Vergrösserung gegeben sind, als die Linse selbst. Sie sehen den Durchschnitt

---

[1]) Schultze's Archiv, III. Band, pag. 477.
[2]) *Gräfe's Archiv*, XV., pag. 17.

der Cornea (in *C*) und der Sclerotica (in *Sc*), an deren Grenze den des Schlemm'schen Canals (in *Sch*). *I* stellt die Iris, *Ch* die Chorioidea, *Z* die Zonula Zinnii, *L* die Linse, *V* die vordere und *H* die hintere Kammer dar; alles Uebrige was die Zeichnung noch enthält, ist das sogenannte Corpus ciliare. Dasselbe besteht aus drei Abschnitten, dem dreieckigen an die Lederhaut angrenzenden Musculus Brückianus *abc*, den gegen das Innere des Auges gekehrten Processus ciliares *P*, wobei zwischen Ciliarmuskel und Ciliarfortsätzen eine Schichte bindegewebiger Substanz *B* liegt, und dem Analogon des Canalis Fontanae *F*, welcher durch die Fasern des ligamentum pectinatum iridis *lp* von der vorderen Augenkammer *V* getrennt ist. Von den drei Seiten des Muskeldurchschnittes liegt die eine, *ab*, an der Sclerotica, die zweite, *ac*, ist gegen die Iris, die dritte, *bc*, gegen die Ciliarfortsätze gerichtet. Der Winkel bei *a* ist ein rechter, der bei *c* abgerundet, bei *b* liegt die Spitze des Dreiecks. In der Richtung von *a* nach *b* strahlen von vorn nach rückwärts die meridionalen, ziemlich parallel neben einander liegenden, zu derben Platten vereinigten Fasern, welche die Hauptmasse der musculösen Elemente des Dreiecks in sich schliessen, und in die Chorioidea übergehen. Die weiter nach innen, also mehr gegen die Seite *bc* gelegenen Fasern bilden keine compacte Masse mehr, sondern ein durch bindegewebige Inseln unterbrochenes Geflecht, in dessen Mitte ungefähr die Richtung der Muskelfasern aus der meridionalen in die circuläre übergeht, und längs der Seiten *ac* und *bc* eine rein circuläre wird. Die Cirkelfasern, welche die Seite *ac* bilden, sind durch ihre Mächtigkeit ausgezeichnet, sie sind es, die Heinrich Müller beschrieben hat, während Schultze zeigte, dass die Cirkelfasern sich auch längs der ganzen Seite *cb* fortsetzen und überall mit den Längsfasern in netzförmiger Verbindung stehen.

Fig. 6.



Die meridionalen Bündel drängen sich bei dem Winkel *a* in eine Spitze *as* zusammen, und die Sehnenfasern, in die sie enden, setzen sich theils in die Membrana Descemeti fort, theils (und zwar grossentheils) gehen sie direct in das Cornealgewebe über, zum Theile endlich ziehen sie gegen die Innenwand des Schlemm'schen Canals.

Der eben beschriebene Muskel ist es, welcher durch seine Contraction ohne Zweifel die Gestaltveränderung der Linse herbeiführt, allein auf welche Weise? Man muss gestehen, dass Brücke, noch bevor die Linsenveränderungen beim Accommodationsacte bekannt waren, eine im Wesentlichen richtige Ansicht von der Wirkung des von ihm entdeckten Muskels hatte, und ihn mit einem treffenden Namen, dem des Musculus tensor chorioideae, belegte. Der Muskel hat nur Einen fixen Punkt, welcher vorne in der Cornea und an der Innenwand des Schlemm'schen Canals gelegen ist. Indem sich seine Längsfasern contrahiren, muss das vordere Ende der Chorioidea, in welches sich dieselben verlaufen, und mit ihr die Retina nach vorne gezogen, müssen die genannten Membranen um den Glaskörper angespannt werden. Betrachten wir den Zusammenhang der Zonula Zinnii, des Aufhängebandes der Linse, mit den Processus ciliares, so ist klar, dass bei diesem Vorgange auch der mit den Ciliarfortsätzen in untrennbarer Verbindung stehende Theil der Zonula nach vorne gezogen wird, hierdurch der Ciliarrand x und der Linsenrand y der Zonula sich einander nähern, und die Zonula demnach erschlaffen müsste, falls die Linse in ihrer Form unveränderlich bliebe. Die Ringfasern des Muskels, die sich als Theile desselben Muskels nnd von demselben Nerven innervirt, — wie aus von Trautvetter's [1]) Experimenten an Tauben und Hühnern hervorgeht, wird der Accommodationsmuskel nur von Einem Nerven, dem Oculomotorius, versorgt — gleichzeitig mit den Längsfasern contrahiren, können die Wirkung der Längsfasern aus einfachen physikalischen Gründen nicht paralysiren. Es kann ihre Zusammenziehung nur die Wirkung haben, dass die Zugrichtung in Etwas modificirt wird, und zwar in der Weise, dass dieselbe nicht von c nach a, sondern mehr nach innen, nach einem Punkte der Seite ab, etwa nach d hinzielt, wodurch die Wirkung auf die Zonula, deren Erschlaffung vermehrt wird.

Auf die genannte Action des Accommodationsmuskels stützte Helmholtz seine Accommodationstheorie. Die jugendliche Linse hat eine weiche Consistenz. Ihre Gestalt wird bestimmt durch die Spannung, welche die mit der Linsenkapsel in unmittelbarem Zusammenhange stehende Zonula Zinnii erleidet. Gehen wir von einer bestimmten Linsenfigur aus, so wird eine Steigerung der eben bestehenden Spannung der Zonula die Linse von vorn nach rückwärts abflachen, ihren äquatorialen Durchmesser vergrössern und die Krümmung der Linsenflächen vermindern, jede Abspannung der Zonula dagegen den gerade

[1]) Gräfe's Archiv, XII. 1. 1866, pag. 95.

entgegengesetzten Effect hervorbringen. Es wird hiebei der Diameter antero-posterior der Linse grösser werden, der Querdurchmesser abnehmen und die Krümmung der vorderen und hinteren Linsenfläche zunehmen müssen. Zu einer eigentlichen wirklichen Erschlaffung der Zonula dürfte es jedoch hiebei, wiewohl ein am lebenden Hundeauge von Hensen und Voelckers [1]) ausgeführtes Experiment dafür zu sprechen scheint, kaum kommen. Coccius [2]) macht darauf aufmerksam und Schumann [3]) stimmt darin mit ihm überein, dass, so wie der äussere Rand der Zonula vorrückt, die Linse ihre Gestalt insoweit verändert, als es die Zonula gerade gestattet, so dass die letztere hiebei immer im Zustande der Spannung verbleibt. Nur im gealterten Auge, in welchem die Linse starrer geworden, wird es, wenn der Brücke'sche Muskel sich contrahirt, nach unserem Dafürhalten zu einer wirklichen Entspannung des Aufhängebandes kommen.

Diejenige Spannung, welche der Zonula im Zustande vollkommener Accommodationsruhe des Auges zukommt, kann, wie schon aus der Wirkungsweise des Brücke'schen Muskels hervorgeht, nicht vermehrt werden. Eine durch die active Thätigkeit einer lebendigen Kraft herbeigeführte Abflachung der Linse existirt demnach nicht. Der Effect der durch active Muskelkräfte erzielt wird, kann also nur dahin gehen, die Zonula abzuspannen. Das Aufhören der Muskelwirkung wird zur Folge haben, dass die Zonula und mit ihr die Linse in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren. Befindet sich also das Auge im Zustande der Muskelruhe, so kommt ihm jene Refraction zu, die durch dessen anatomischen Ban als solchen bedingt ist, und diese Refraction kann es durch Muskelcontraction nur nach Einer Richtung willkürlich ändern, nämlich in der Weise, dass es dieselbe vermehrt. Es ist aber nicht im Stande, seine Refraction durch Muskelwirkung herabzusetzen, eine sogenannte negative Accommodation, durch welche das Auge die Eigenschaft besitzen sollte, die ihm durch seinen Ban zukommende Brechkraft zu verringern, ist demnach lediglich eine Fiction.

Dass die Accommodation in der genannten Weise vor sich gehe, dafür spricht eben zunächst die anatomische Anordnung des Brücke'schen Muskels, dafür sprechen von physiologischer Seite die subjectiven Lichterscheinungen, welche mit dem Accommodationsvorgange in

[1]) L. c. pag. 38.

[2]) L. c. pag. 48.

[3]) Ueber den Mechanismus der Accommodation des menschlichen Auges 1868. pag. 16.

Folge der dabei stattfindenden Zerrung der Netzhaut in Verbindung stehen, zu denen vor Allen Czermak's Accommodationsphosphen gehört, dafür erheben endlich laut ihre Stimme die Experimente, die Hensen und Voelckers an lebenden Hunden angestellt haben, und die Beobachtungen von Becker und Coccius an lebenden Menschenaugen.

Hensen und Voelckers konnten sich an Hundeaugen nach Entfernung der Sclerotica direct überzeugen, dass die Chorioidea bei Reizung der Ciliarnerven nach vorne rückt. Die Verschiebung der Aderhaut beträgt nach ihnen am Aequator bulbi ungefähr $^1/_2 M^m$, während dieselbe gegen die Eintrittsstelle des Opticus hin abnimmt. Der eleganteste Versuch aber, den Hensen und Voelckers in dieser Richtung machten, ist der, dass sie bei unverletztem Auge eine Nadel gerade auf den Ciliarmuskel hin einstiessen, während sie eine zweite dahinter durch die Sclerotica und Chorioidea stachen. Bei Reizung der Ciliarnerven nun blieb die erstere Nadel vollkommen ruhig, während das freie Ende der letzteren „eine lebhafte Bewegung" nach rückwärts machte. Da die Durchstichsstelle an der Sclerotica ein unbewegliches Hypomochlion abgibt, so ist der genannte Versuch ein schlagender Beweis dafür, dass die Nadelspitze durch die Chorioidea nach vorne gezogen wurde. Die genannten Versuche werden von Adamük bestätigt.

Was die Veränderungen der Linse anlangt, so geht aus dem Kleinerwerden der Spiegelbilder nur hervor, dass die Linsenflächen convexer werden, allein es ist dadurch nicht bewiesen, dass das Convexerwerden der Linse durch ein Zusammenfallen in sich selbst zu Stande komme. Damit dies sicher stehe, muss das Breiterwerden des Linsenrandes und die Abnahme der Linsencircumferenz, sowie ausserdem bewiesen werden, dass kein directer Druck auf die Linse statthabe. Die Veränderungen des Linsenrandes während der Accommodation sah zuerst Otto Becker [1]) am Auge lebender Albinos, bei welchen die pigmentlose Iris kein Hinderniss abgibt, bei gehöriger Beleuchtung die hinter ihr liegenden Theile zu beobachten, sowie Coccius an Augen, an denen die Iridectomie vollführt war. Das Breiterwerden des Linsenrandes gibt sich nämlich dadurch kund, dass der dunkle Contour, durch welchen derselbe im durchfallenden Lichte sich characterisirt, an Breite zunimmt. Coccius [2]) gibt ausserdem an, dass man sogar das Vorrücken der Zonula beim Nahesehen, die Bewegung derselben gegen die Hornhaut wahrnehmen könne.

---

[1]) Med. Jahrbücher, 1863, pag. 160.
[2]) *L. c. pag.* 11, 12, 15, 16.

Die Abnahme des Linsenäquators bei der Naheaccommodation beobachtete oder vielmehr erschloss Coccius aus dem mitunter sichtbaren Phänomene, dass die einen Schichtstaar constituirende Trübung (und mithin auch der Linsenumfang) beim Nahesehen an Durchmesser abnimmt.

Indem wir zum Schlusse noch die Veränderungen erwähnen, die während des Accommodationsactes im Auge eintreten, ohne denselben zu beeinflussen, werden wir ersehen, dass ein directer Druck von keiner Seite her auf die Linse einwirkt. Die Veränderungen betreffen die Iris und die Ciliarfortsätze. Die Pupille verengert sich bei der Accommodation, der periphere Theil der Iris weicht zurück, der centrale rückt etwas vor. Ein Druck von Seite der Iris auf die Linse aber ist zum Behufe des Nahesehens nicht nothwendig. Es wird dies durch eine Beobachtung v. Gräfe's an einem Patienten, welchem nach einer Verletzung die ganze Iris aus dem Auge entfernt wurde, und durch Experimente von Hensen und Voelckers bewiesen. Das erstgenannte irislose Individuum behielt nämlich seine Accommodation, und bei Hunden kann man die ganze Iris entfernen, ohne dass eine Abnahme der Formveränderung der Linse bei Reizung der Ciliarnerven eintreten würde.

Ebenso wenig wie die Iris, üben die Ciliarfortsätze einen Druck auf die Linse aus. Das merkwürdige Spiel derselben während der Einstellungsschwankungen des Auges hat Otto Becker aufgedeckt. Er beobachtete an Albinos, dass die Ciliarfortsätze beim Nahesehen und bei der dabei eintretenden Verengerung der Pupille kleiner werden, sich gegen die Peripherie zurückziehen, während sie an Volumen zunehmen und gegen die Augenaxe vorrücken, wenn das Auge in den Ruhezustand übergeht, wobei die Pupille weiter wird. Coccius ist in neuerer Zeit zwar zu dem gerade entgegengesetzten Resultate in Betreff der Ciliarfortsätze gelangt, allein abgesehen von manchen Widersprüchen und Unklarheiten in seinen Angaben, auf welche zum Theile schon Schumann aufmerksam machte, hat er ein für Accommodationsversuche höchst ungünstiges Materiale, die Augen Iridectomirter nämlich, zu seinen Beobachtungen verwendet. Wir müssen desshalb vorläufig den Befund bei unverletztem Auge in seinem Rechte lassen. Die Ciliarfortsätze können desshalb auf die Formveränderung der Linse keinen Einfluss üben, weil sie, wie Becker bei seinen Beobachtungen sah, sowohl im verkürzten als im verlängerten Zustande immer frei in die hintere Augenkammer, die zwischen Iris und Linse besteht, hineinragen, dieselbe *daher niemals berühren*.

Ohne uns in eine längere historische Darlegung der Accommodationslehre einzulassen, und ohne an diesem Orte uns in den Irrgarten zu verlieren, in welchem zu verschiedenen Zeiten Accommodationstheorien mehr oder minder bestechend emporschossen, haben wir geraden Weges auf unser Ziel losgesteuert und sind bei einer befriedigenden Lösung des Accommodationsvorganges angelangt. Auch Coccius' neueste Theorie konnte uns in unserm Laufe nicht beirren, und wir können uns hier nur darauf beschränken, Coccius' diesbezügliche Resultate wörtlich mitzutheilen [1]).

„Bei der Contraction des Ciliarmuskels wird 1. die Zonula nach vorne gehoben und gestattet der Linse, sich an ihrer vorderen Fläche stärker zu wölben. 2. Diese stärkere Wölbung der Linse findet aber nicht lediglich durch die Elasticität derselben statt, ebenso wenig als die Zonula bei ihrem Vorheben nach vorne erschlafft; sondern in demselben Momente der Bewegung dieser wird der Muskel dicker und zieht nicht bloss die mit der Zonula verbundenen Ciliarfortsätze etwas nach vorn, sondern drückt dieselben an ihrer Wurzel zugleich gegen den untenliegenden vorderen Theil des Glaskörpers. Die Ciliarfortsätze schwellen 3. hierbei an und die Linse erhält durch das Dickerwerden des Muskels, die Schwellung der Ciliarfortsätze und die gleichzeitige (relative) Spannung des Glaskörpers und Petit'schen Raumes einen seitlichen Druck, der sowohl ihre Vorderfläche nach vorn, als auch ihre Hinterfläche nach hinten (wenn auch wenig) stärker krümmt."

„Beim Rückgange des Ciliarmuskels und Accommodationsapparates zu seiner Ruhe treten zuerst die geschwollenen Ciliarfortsätze im Volumen zurück; alsdann folgt die Bewegung ihrer Körper gleichzeitig mit der Zonula nach rückwärts; die letzte Bewegung zur Ruhe zeigt die Linse an ihrem Rande im Petit'schen Raume."

Ganz ohne historische Bemerkungen oder vielmehr Berichtigungen können wir die Accommodationslehre doch nicht verlassen. Helmholtz [2]) führt als den Ersten, welcher eine Formveränderung der Linse bei der Accommodation annahm, Des Cartes (1596 — 1650) auf. Nun ist es allerdings richtig, dass Des Cartes in seinem berühmten: Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et rechercher la verité dans les sciences. Plus la Dioptrique, les Météores et la Géométrie qui sont des essais de cette méthode. Leyde, 1637, die Accommodation von der stärkeren Krümmung der Linse ableitet. Die wichtige Stelle lautet in

[1]) L. c. pag. 48.

[2]) *Physiologische* Optik, pag. 121.

der lateinischen, vom Autor revidirten und verbesserten Ausgabe [1]): EN, EN (es sind dies Buchstaben, auf einen Augendurchschnitt bezüglich) sunt plurima filamenta nigra (es sind die Ciliarfortsätze gemeint), undiquaque amplexa humorem L (crystallinum), et eorum ope hic humor, pro intentione, qua visus noster in res propinquas aut longe dissitas fertur, mox in majorem gibbum curvatus, mox magis in planum porrectus, totam oculi figuram nonnihil immutat.

Der Erste, welcher die Linsenaccommodation annahm, war jedoch Des Cartes nicht. Christophorus Scheiner nämlich hatte bereits vor ihm im Jahre 1619 auf die Rolle, welche die Linse bei der Accommodation durch Krümmungsänderung ihrer Oberflächen spielen könnte, hingewiesen. Scheiner wird von Helmholtz [2]) zu Jenen gerechnet, welche die Accommodation als durch Verschiebung der Linse bewirkt sich denken, aber gerade an der von Helmholtz citirten Stelle von Scheiner's Oculus [3]) (Lib. III. pag. 163) wird die Krümmungsänderung der Linsenfläche in erster Linie, die Verschiebung des Crystalles dagegen erst in zweiter Linie angeführt, und den Ciliarfortsätzen bei der Formveränderung der Linse dieselbe Rolle zugetheilt, die sie auch — ein interessantes Factum — in der neuesten Accommodationstheorie, jener von Coccius [4]) spielen. Die betreffende Stelle lautet bei Scheiner: Hinc natura motricem facultatem tam tunicae Uveae, quam processibus ciliaribus attribuit, ut suo astrictu .... humorem Crystallinum aut conglobarent circumcirca comprimendo aut attenuarent attractione: vel in anteriora protruderent seu denique introrsus regererent. Das Gleiche ist ausgesprochen pag. 23 .... figuramque Crystallini nonnihil vel attenuent, vel conglobent; pag. 208: .... ciliares processus sese quodammodo constipant aut relaxant, in qua constipatione aut remissione Crystallinus humor vel conglobatur, vel retruditur introrsus et sic radiorum concursus abbreviatur; aut sese relaxant Processus, et humor Crystallinus quodammodo complanatur vel Vitreus completur et sic radiorum convergentia protelatur; pag. 244: Iuvenes aliqui omnia acute vident quia Crystallinum flexilem et tunicam Retinam valde mobilem habent.

---

[1]) Specimina philosophiae seu Dissertatio de methodo, recte regendae rationis et veritatis in scientiis investigandae: Dioptrice et Meteora. Amstelodami 1856, pag. 80 und 81. (Dioptrice III. 5.)

[2]) L. c. pag. 120.

[3]) Oculus hoc est: Fundamentum opticum etc. etc. Oeniponti (Innsbruck) 1619.

[4]) Der Mechanismus *der Accommodation* etc. Leipzig 1868. pag. 49.

Kepler, welcher, wie wir sahen bereits 1604 zuerst es aussprach, dass das Sehen nur dann volkommen scharf ist, wenn alles von Einem Punkte ausgehende Licht durch die Brechungen in der Cornea und Linse gesammelt wird und nur einen einzigen Punkt der Retina beleuchtet [1]), der sehr wohl die Bedingungen für dieses Postulat kannte, damit also auch die Nothwendigkeit der Accommodationsfähigkeit des Auges kennen musste, spricht sich über diesen letzteren Punkt, so weit ich ersehen kann, in seinen Paralipomena doch nicht aus. Da heisst es nur, das beim Sehen in die Nähe die Augen nach einwärts gewendet werden müssen (in visione rerum propinquarum contorquendos esse oculos [2]). Erst in der Dioptrice (1611) spricht er den classischen Satz aus (Prop. LXIII.): „Es ist nicht möglich, dass die Netzhaut, wenn sie ein und dieselbe Lage im Auge beibehält, sowohl von nahen als von entfernten Objecten ein deutliches Bild entwirft," entwickelt aber eine sehr unklare Accommodationstheorie. (Propositio LXIV Anmerkung): Durch die Verengerung des Kreises der Ciliarfortsätze werde die Linse vom Augengrunde entfernt (d. h. sie rücke vor), durch die Erweiterung desselben Kreises dagegen werde der Augengrund gegen die Linse hin gezogen. Diese unmögliche Theorie deutet Helmholtz so, dass nach Kepler die Accommodation durch Linsenverschiebung bewirkt werde [3]), während Donders im Gegentheile angibt, Kepler erkläre die Accommodation dadurch, dass die Netzhaut ihren Platz verändere und sich der Linse nähere oder von ihr entferne [4])! Donders fügt bei: „Kepler muss desshalb angenommen haben, dass bei Myopen die Netzhaut sich in grösserem Abstande von der Linse befindet."

Das Interesse an dem Gegenstande, sowie das nicht unwichtige Moment, auf unrichtige Citate in gewissen Grundwerken, aus denen dieselben ohne Angabe der Quelle fort und fort abgeschrieben und in ihrer Fehlerhaftigkeit ohne Ende verschleppt werden, aufmerksam zu machen, möge die Excursion in vergangene Jahrhunderte entschuldigen.

---

[1]) Ad Vitellionem Paralipomena Caput V. 2.

[2]) L. c. Cap. V. 3. Propositio II.

[3]) L. c. pag. 120.

[4]) L. c. pag. 446. Deutsche Ausgabe pag. 375.

Dritte Vorlesung.

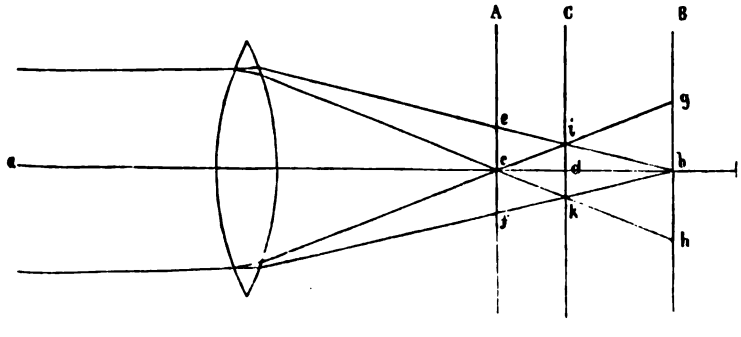
Die Refractionsfehler des Auges.

Was wir unter Refraction und Accommodation des Auges begreifen und in welcher Weise die letztere bewerkstelligt wird, haben wir, meine Herren! in der letzten Vorlesung gesehen. Heute ist es an uns, uns zu vergegenwärtigen, was wir unter den Refractionsfehlern des Auges eigentlich zu verstehen haben und was darunter gewöhnlich verstanden wird.

Man sollte glauben, dass es höchst klar sei, dass man unter Fehlern der Refraction eben solche und nichts Anderes begreife, aber dem ist durchaus nicht so. Fragen wir uns zunächst, welche Mängel des brechenden Apparates des Auges wir überhaupt erwarten dürfen, so ist a priori einleuchtend, dass wir auf dieselben gefasst sein müssen, wie sie sich an jedem künstlichen optischen Instrumente vorfinden können. Es sind dies die Fehler der chromatischen und monochromatischen Aberration.

Fallen auf eine Convexlinse (Fig. 7) Strahlen gemischten Lichtes von einem in unendlicher Entfernung gelegenen Leuchtpunkte, so wird

Fig. 7.



dieses Licht nur theoretisch wieder in Einem Punkte, dem Brennpunkte, vereinigt. Factisch wird es aus weissem in farbiges umgewandelt, es wird jeder Strahl gemischten Lichtes in eine Anzahl farbiger Strahlen zerlegt. Die farbigen Strahlen nämlich, aus denen ein farbloser zusammengesetzt ist, haben eine verschiedene Brechbarkeit Es ist Ihnen Allen bekannt, dass jene, welche das rothe Ende des Spectrums bilden, die geringste, die violetten *hingegen* die grösste Brechbarkeit

besitzen, d. h. dass so wie die vom Leuchtpunkte *a* ausgehenden Strahlen die Linse passirt haben, eine Reihe von Strahlenkegeln sich formirt, deren äusserster, jener nämlich, dessen Spitze *(b)* zumeist von der Linse entfernt ist, in rothem, deren innerster, dessen Spitze *(c)* der Linse zunächst liegt, in violettem Lichte erglänzt. Die Länge der Strecke *bc*, der Abstand der Spitzen des rothen und violetten Kegels, ist der Ausdruck für die Grösse der Farbenzerstreuung, welche durch die gerade in Anwendung stehende, aus einer bestimmten Substanz gefertigte Linse erzeugt wird. Je grösser *bc*, desto grösser ist die zerstreuende Wirkung der Linse; je kleiner, um so mehr werden sich die Vereinigungspunkte der Strahlen verschiedener Brechbarkeit nähern, und der Werth der in Rede stehenden Grösse würde Null werden für den Fall, dass der Punkt *c* mit *b* zusammenfiele, die Strahlen des Lichtes aller Farben in einem und demselben Punkte sich einigten.

Wollen wir nun das Bild des leuchtenden Punktes *a* auf einem Schirme wieder in Form eines Punktes auffangen, so kann uns dies im mathematisch genauen Sinne des Wortes nicht gelingen. Wo wir auch unsern Schirm anbringen mögen, an welcher Stelle der Farbenstrecke *bc* wir ihn aufrichten, nirgends wird das Bild des Punktes ein Punkt, sondern stets ein farbiger Zerstreuungskreis sein. Stellen wir den Schirm *A* zunächst so auf, dass er durch den Vereinigungspunkt des violetten Lichtes, also durch *c* geht, dann finden zwar die Strahlen dieses Lichtes daselbst ihre Vereinigung, nicht so aber die anderen, und die rothen als die äussersten schreiben durch ihren Gang die Grösse des Zerstreuungskreises vor, in welchem das Bild des Leuchtpunktes auf dem Schirm *A* erscheinen wird. *ef*, der Durchmesser des durch den Schirm bedingten Querschnittes des rothen Strahlenhohlkegels, ist auch der Durchmesser des Zerstreuungskreises, von dem wir eben sprachen. Im Centrum dieses Kreises wird — so fordert es die Theorie — ein violetter Punkt erscheinen und roth wird die Farbe des Randes sein. Zwischen diesen beiden Farben müssen die übrigen des Spectrums: blau, grün, gelb, orange sichtbar werden.

Rücken wir den Schirm weiter nach rückwärts, nach *B*, dorthin, wo er durch den Brennpunkt der rothen Strahlen geht, und wo die violetten, nachdem sie in *c* ihre Vereinigung gefunden, wieder so auseinander gefahren sind, dass *gh* den Durchmesser ihres Kegels darstellt, dann zeigt sich der Zerstreuungskreis mit rothem Centrum und violettem Rande. Steht der Schirm endlich mitten in der Farbenstrecke, in *C*, dort, wo die Strahlen von mittlerer Brechbarkeit, die grünen in *d* ihre Vereinigung finden, dann ist der Durchmesser des Zerstreuungs-

kreises *ik* der kleinste, und da die rothen und violetten Strahlen hiebei gleich grosse Kreise bilden, so werden sich ihre Farben am Rande gleichmässig mischen und Purpur ist die Farbe, welche die Theorie dem Saume gibt.

Wir haben zunächst zu untersuchen, ob auch das optische System des Auges chromatisch sei. Da im Auge, wie Dollond schon seiner Zeit hervorhob, alle Brechungen des Lichtes zur Augenaxe erfolgen und die violetten Strahlen unter solchen Bedingungen jedesmal stärker gebrochen werden, als die rothen, so ist es auch höchst wahrscheinlich, dass das Auge vom Farbenfehler nicht frei sei. Es war eine Zeit, wo man nicht blos nicht im Stande war, achromatische Linsensysteme zu erzeugen, sondern wo man es sogar aus Gründen der Physik für unmöglich hielt, dass dies jemals gelingen könnte. Zu dieser Zeit glaubte man, dass es nur ein einziges optisches Instrument gebe, welches achromatisch sei; allein von Menschenhänden war es nicht gefertigt, nämlich das Auge. Die Kunst hat aber die Natur beschämt, und so sind wir einerseits in der Lage, achromatische Linsensysteme zu construiren und andererseits ist es über jeden Zweifel erhaben, dass gerade das Auge die Eigenschaft der Achromasie nicht besitzt.

Newton war der Erste, der (1704) der Farbenzerstreuung im Auge erwähnt, er hielt dafür, dass die Farbenzerstreuung aller durchsichtigen Medien mit ihrer Brechkraft gleichen Schritt halte, dass also ein Mittel, welches das Licht doppelt so stark zerstreut, als ein anderes, das Licht auch doppelt so stark breche, wie dieses letztere. Die Folge dieser Annahme Newton's war dessen Ansicht, dass ein achromatisches Linsensystem, d. h. ein solches, welches das Licht bricht ohne es zu zerstreuen, ein physikalisches Unding sei, denn nur dann, wenn z. B. zwei Glassorten von nahezu derselben Brechkraft eine ungleiche Zerstreuungskraft hätten, wäre es möglich, ein achromatisches Linsensystem herzustellen. Würde man etwa zu einer Convexlinse von 3″ B. W. aus der Glassorte *A* eine Concavlinse von 6″ B. W. von der Glassorte *B* hinzufügen, wäre die Brechkraft des Glases *A* und *B* die gleiche, würde aber *B* das Licht doppelt so stark zerstreuen, wie *A*, so wäre die Folge, dass die Farbenzerstreuung der Linse I. durch die in entgegengesetzter Weise und in gleichem Grade erfolgende der Linse II. getilgt würde, während die Linsencombination das Licht noch, wie eine Linse von 6″ B. W. bräche, denn eine solche bleibt übrig, wenn wir von einer Convexlinse von 3″ B. W. eine solche von 6″ B. W. (durch die Hinzufügung des betreffenden Concavglases) wegnehmen.

Da aber Dispersion und Brechkraft nach Newton mit einander gleichen Schritt halten sollten, so konnte es nach ihm kein achromatisches Instrument geben, und desshalb ging er auch dem Auge zu Leibe und es gelang ihm in der That, die Farbenränder wahrzunehmen, die zum Vorschein kommen, wenn man mit halbgedeckter Pupille beobachtet.

„Wegen dieser verschiedenen Brechkraft der verschiedenen Strahlenarten" sagt Newton [1]) „sehe ich nicht ein, wie es geschehen könnte, dass die Fernrohre durch das Princip der Refraction des Lichtes verbessert und vervollkommnet werden könnten. Da also Fernrohre von gegebener Länge durch Lichtbrechung zu vervollkommen „in negotiis desperatis est," so habe ich ein Teleskop ersonnen, welches die Bilder der Objecte durch Reflexion entwirft."

In Betreff der Farbenzerstreuung des Auges heisst es [2]), dass das, was in Bezug auf die Farben des Prismas gesagt wurde, auch leicht verständlich sei in Betreff der Farben, welche die Gläser der Teleskope und Mikroskope vel etiam oculi ipsius humores aufweisen. Wenn die Hälfte der Glaslinse oder die Hälfte der Pupille des Auges durch einen dunklen Körper gedeckt wird, so kann der freie Theil des Glases oder der ungedeckte Theil der Pupille als ein Keil mit krummen Seiten angesehen werden.

Newton gibt dann eine sehr einfache, aber treffende Erklärung der Farbensäume, die bei halbgedeckter Pupille auftreten. Wie jede der Axe nach halbirte Linse nicht bloss als Linse, sondern auch als Prisma wirkt, so zeigt das gleichsam halbirte dioptrische System des Auges auch die prismatische Ablenkung der Strahlen, wodurch die Farbenzerstreuung deutlicher hervortritt.

Das Merkwürdigste an der Sache ist, dass Euler, ein würdiger Gegner Newton's, dadurch, dass er das Auge für achromatisch erklärte, die Ansicht aussprach, dass es auch gelingen könne, künstliche achromatische Linsensysteme zu erzeugen. So hatte man Newton's unrichtiger Ansicht die Entdeckung der Farbenzerstreuung des Auges und der für die Astronomie nach heute so wichtigen Spiegelteleskope zu danken, und Euler's unrichtige Annahme, dass das Auge achromatisch sei, war von der grossartigsten und für die Geschichte der optischen Instrumente, besonders der Mikroskope folgenschwersten Entdeckung, der Construction achromatischer Linsensysteme, gefolgt. Es

[1]) Optice Lib. I. Pars 2. Propositio VII.

[2]) L. c. Prop. VIII. Problema III.

war nämlich nicht richtig, was Newton sagte, dass Dispersion und Brechkraft einander proportional seien. Es ist bekannt, dass unsere achromatischen Linsensysteme aus Crown- und Flintglaslinsen zusammengesetzt sind. Crown- und Flintglas haben nahezu dieselbe Brechkraft, aber die Zerstreuungskraft des Flintglases ist ungefähr doppelt so gross als die des Crownglases, und so kann man eine Convexlinse aus Crownglas mit einer concaven aus Flintglas von grösserer Brennweite so combiniren, dass die Farbenzerstreuung aufgehoben wird, die Combination aber noch als Convexlinse wirkt.

Es dürfte Ihnen, meine Herren! nicht unbekannt sein, dass Fraunhofer[1]) der Erste war, welcher die chromatischen Abweichungen des Auges neu entdeckte und dieselben auch zu messen unternahm. Das durch ein Prisma entworfene Sonnenspectrum beobachtete er mit einem Fernrohre. Ein feiner Mikrometerfaden, welcher im Ocular des Fernrohres angebracht war, erschien in verschiedener Deutlichkeit, je nachdem derselbe in rothem oder blauem Lichte des Spectrums stand. Zeigte er sich bei einer bestimmten Stellung der Ocularlinse im rothen Lichte vollkommen deutlich, so wurde er nicht mehr gesehen, sowie das Fernrohr nach dem blauen Ende des Spectrums gerichtet ward, und es musste das Ocular „bedeutend viel" dem Faden näher gerückt werden und zwar um mehr als das Doppelte der Längenabweichung wegen der Farbenzerstreuung der Ocularlinse, damit der Faden wieder vollkommen deutlich hervortrat. Dies beweist, dass wenn bei einer bestimmten Stellung des Oculars rothe Strahlen mit Hilfe der Ocularlinse und des dioptrischen Systems des Auges auf der Netzhaut ihre Vereinigung finden, bei dieser selben Stellung des Oculars und des Auges blaue Strahlen ihren Vereinigungspunkt vor der Netzhaut haben und erst dadurch zur Sammlung auf letztere Membran gebracht werden können, dass das dioptrische Sammelsystem sich dem blauen Objecte nähert. Rothe und blaue Strahlen wurden also bei dem Fraunhofer'schen Versuche in verschiedener Weise gebrochen und, da die chromatische Abweichung der Ocularlinse bekannt war, so konnte Fraunhofer jene des Auges für die genannten Strahlen berechnen.

Die chromatische Aberration des menschlichen Auges ist übrigens eine geringe im Vergleiche zu jener, wie sie Glaslinsen zukommt. Es erklärt sich dies nach Helmholtz daraus, dass die Brechungsindices der das Licht brechenden Medien des Auges nicht in wesentlichem Maasse von dem Index des Wassers abweichen, und dass das Zer-

[1]) Gilbert's *Annalen. 56. Band. 1817.* pag. 304.

streuungsvermögen des Wassers ein viel geringeres ist, als das des Glases. Da nun anzunehmen ist, dass die optischen Medien des Auges nicht blos in ihrem Brech-, sondern auch in ihrem Dispersionsvermögen mit dem des Wassers nahezu übereinstimmen, so berechnete Helmholtz die Dispersion, welche dem reducirten Auge Listing's zukommt, in der Art, dass er voraussetzte, dass hinter der Einen brechenden Fläche, durch welche dieses Auge repräsentirt wird, sich Wasser befindet. Es hat sich da herausgestellt, dass wenn Strahlen von einem unendlich entfernten, rothes Licht aussendenden Punkte ausgingen, dieselben 20·574 M^{m}· hinter der brechenden Fläche ihre Vereinigung finden, während violette Strahlen, von einem unendlich weit entfernten Lichtpunkte kommend, ihre Kreuzung 20·140 M^{m}· hinter der brechenden Fläche hätten. Würde also die percipirende Netzhautschichte durch den Brennpunkt der rothen Strahlen gehen, so würde der Brennpunkt der violetten Strahlen sich 0·434 M^{m}· vor derselben befinden, und damit er auf die Netzhaut rückte, müsste das violette Object dem Auge auf 26″ genähert werden.

Die Untersuchungen von Fraunhofer, Helmholtz, Matthiessen an ihren eigenen Augen zeigten, dass die Zerstreuungskraft des menschlichen Auges ungefähr der eines Wasserauges entspricht, aber doch etwas grösser ist, als die der letzteren wäre. Durch eine Convexlinse $^1/_{26}$ — wir werden sehen, dass wir die Brechkraft der Linsen durch den reciproken Werth ihrer Brennweite ausdrücken können — liesse sich die Grösse der chromatischen Aberration des Wasserauges ausdrücken, d. h. wenn wir mit einem solchen Auge einen unendlich weit entfernten rothen Lichtpunkt deutlich sehen, so müssen wir eine Concavlinse von 26″ Brennweite vorsetzen, um von einem unendlich entfernten violetten Punkte ein scharfes Bild zu erhalten, und wenn wir mit einem solchen Auge ein in der Entfernung von 26″ gelegenes violettes Object scharf wahrnehmen, so müssten wir eine Convexlinse von 26″ B. W. vor dasselbe setzen, falls das Object seine Farbe aus Violett in Roth änderte und die scharfe Wahrnehmung sich nicht trüben sollte. Die chromatische Aberration im Auge Fraunhofer's nun betrug, wenn er mit dem Faden von dem (rothen) Strahl *C* des Spectrums zum (blauen) Strahl *G* ging, bei Versuchen mit verschiedenen Ocularlinsen $^1/_{18}$—$^1/_{24}$; in Helmholtz's Auge, das rothe Object in 8′, violette in $1^1/_2$′, als äusserste Entfernung scharf zu sehen vermag, ist sie gleich $^1/_{22}$.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen erscheinen weisse Flächen, für welche das Auge genau accommodirt ist, nicht von farbigen

Säumen umgeben. Die Netzhaut steht hierbei nämlich an der Stelle des Schirmes *C*. Da in diesem Falle die grünen Strahlen sich vollständig und die gelben nahezu in einem Punkte einigen, anderseits die Zerstreuungskreise von Roth und Violett gleich gross sind, so müsste der Zerstreuungskreis des Leuchtpunktes auf der Retina in der Mitte grüngelb, am Rande purpurn erscheinen. Dass wir davon Nichts wahrnehmen, mag sich daraus erklären, dass, wie sich Helmholtz ausdrückt, die lichtstärksten Farben, Gelb und Grün, hierbei genau in einen Punkt vereinigt werden, während der Purpurrand zu schmal und verhältnissmässig zu lichtschwach ist, um wahrgenommen zu werden. Ferner haben Maxwell und Max Schultze darauf hingewiesen, dass durch die gelbe Farbe der Macula lutea die chromatische Aberration des Auges möglicher Weise in der Art zum Theile corrigirt wird, dass im gelben Fleck eine gewisse Absorption der blauen Strahlen stattfindet.

Bei ungenauer Accommodation kann man sich von der Farbenzerstreuung des Auges auf verschiedene Weise überzeugen, am schönsten und leichtesten auf jenem Wege, den Wilhelm von Bezold [1]) in neuerer Zeit eingeschlagen hat. Am besten ist: Man betrachte mit kurzsichtigem oder durch Convexgläser kurzsichtig gemachtem Auge ein Reihe abwechselnd schwarzer und weisser concentrischer Ringe, umgeben von weissem Grunde. Sowie man die Figur eine Strecke weit über den Fernpunkt hinausbringt, so dass sie nur noch undeutlich erscheinen kann, so sieht man bei einer bestimmten Entfernung die hellen Ringe im Zerstreuungsbilde dunkel und die dunkeln hell. Dabei aber sind die Zerstreuungsbilder gefärbt, die hellen Ringe haben eine bläuliche, die dunkeln eine röthlichbraune Farbe. Besonders auffallend ist, wie ich aufmerksam machen will, die bläuliche Färbung im Vergleiche zur weissen Farbe des die Figur umgebenden weissen Papiers. Da bei Betrachtung der in Rede stehenden Zeichnung mit einfarbigem Lichte keine Farben-, sondern nur Helligkeitsdifferenzen auftreten, so liefert das beschriebene Phänomen einen ausgezeichneten Beweis für das Bestehen der chromatischen Abweichung im Auge.

Wenn wir nach dem früher Gesagten von farbigen Säumen der Objecte nicht beirrt werden, so muss doch nach der Theorie die Schärfe der Wahrnehmung unter diesem Refractionsfehler leiden, indem das Bild eines Punktes auf der Netzhaut nie wieder ein Punkt sein kann,

[1]) Ueber Zerstreuungsbilder auf der Netzhaut, in Gräfe's Archiv. XIV. 2, 1868. pag. 1. und XV. 3, *1869. pag. 281.*

sondern stets ein Zerstreuungskreis sein muss. Schon Fraunhofer machte darauf aufmerksam, dass es „der Mühe werth sei, bei Berechnung achromatischer Objective auch auf die Farbenzerstreuung des Auges Rücksicht zu nehmen und diese Abweichung durch die Objective zu vernichten," allein Helmholtz konnte sich nicht überzeugen, dass, wenn er sein Auge durch vorgesetzte Linsen achromatisch machte, die Schärfe „merklich" zugenommen hätte. Trotzdem hat Fick, trotz der späteren Einwände Bolling Pope's, ziemlich überzeugend nachgewiesen, dass die sogenannte Irradiation, d. i. die Verbreiterung heller Objecte, welche auch bei möglichst vollkommen genauer Accommodation sichtbar ist, zum Theile aus der chromatischen Abweichung des Auges erklärt werden kann.

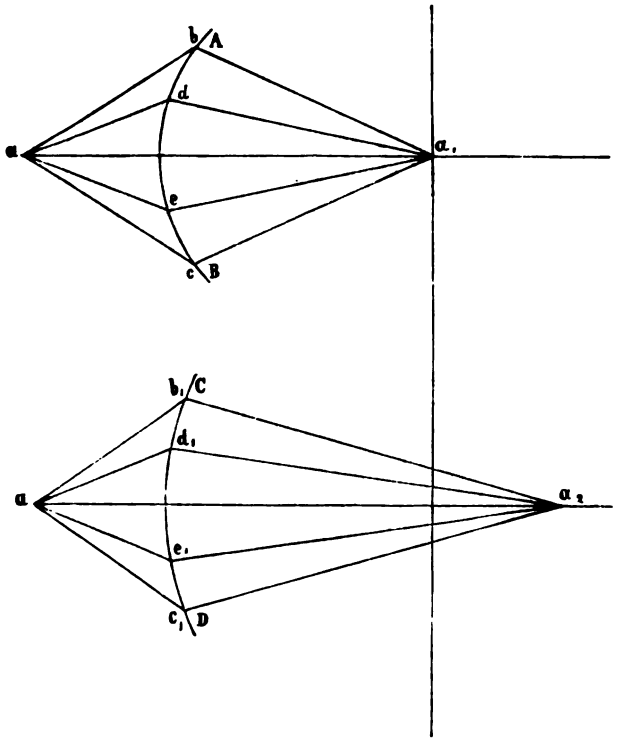
Der Fehler der chromatischen Aberration ist also der eine Refractionsfehler, welcher in jedem Auge vorkommt und nach unserer Ausdrucksweise ungefähr einer Linse von $^1/_{20}$ gleich gesetzt werden kann. Es ist klar, dass wenn es Augen geben würde, in welchen dieser Refractionsfehler eine bedeutendere Grösse erreichte, das undeutliche Erscheinen der Objecte und das Auftreten farbiger Säume an denselben in der Art störend werden könnte, dass man auf eine Correction dieser Anomalie bedacht sein müsste. Allein es ist mir, wenn ich von den Farbenerscheinungen, die durch die diffuse Trübung der Medien besonders bei Glaucom, sowie durch überfliessendes Conjunctivalsecret bei verschiedenen Conjunctivalkrankheiten auftreten, absehe, nicht bekannt, dass bisher ein derartiger Fall beobachtet worden wäre, und da ich selbst über diesen Gegenstand nichts Einschlägiges vorzubringen weiss, so haben wir hiemit den einen Refractionsfehler des Auges abgethan.

Der zweite Refractionsfehler des Auges ist der der monochromatischen Aberration. Derselbe besteht darin, dass falls immer nur einfarbiges Licht auf das Auge fallen würde, die Strahlen, die von einem Lichtpunkte ausgehen, dennoch nicht wieder in Einem Punkte sich sammelten. Dies kann wieder mannigfache Gründe haben.

Nehmen wir an, es wäre (Fig. 8) *AB* der verticale Meridian einer brechenden Fläche, so kann es geschehen, dass die Strahlen *ab*, *ac*, *ad*, *ae*, welche von dem in der Axe des optischen Systems liegenden Punkte *a* ausgehend auf denselben auftreffen, hinter demselben wieder in Einem Punkte a_1 vereinigt werden, dass dagegen die Strahlen, welche von *a* aus auf den horizontalen Meridian *CD* fallen ab_1, ac_1, ad_1, ae_1, nicht in der gleichen Entfernung hinter der brechenden Fläche, sondern z. B. in einer grösseren, in a_2, sich sammeln. Dadurch wird es unmöglich gemacht, dass ein deutliches Bild des Punktes *a* über-

)t zu Stande komme. An jener Stelle z. B., an welcher die calstrahlen in Einem Punkte sich kreuzen, schneidet das hori- le Strahlenbündel einen durch a_1 gehenden Schirm in Form einer

Fig. 8.



lden (horizontalen) Linie, das Bild des leuchtenden Punktes ist also dieser Stelle kein Punkt, sondern eben eine horizontale Linie.

Es kann aber andererseits geschehen, dass die Strahlen, die in em einzigen Meridian auf das brechende System fallen, nicht zu em Punkte sich einigen, und hierbei ist wieder zweierlei möglich. weder es folgen die auf die verschiedenen Abschnitte eines und elben Meridians fallenden Strahlen gar keinen bestimmten chungsgesetzen, oder aber es einigen sich immer jene zwei ahlen, welche mit der Axe (natürlich nach entgegengesetzten en hin) gleiche Winkel bilden, z. B. die Strahlen *ab* und *ad* und *ae*.

Unsere sphärischen Linsen zeigen die letztere Abweichung. Die in den verschiedensten Meridianen unter gleichem Winkel auf die Linse fallenden Strahlen haben einen gemeinsamen Sammelpunkt, während die Strahlen, die durch einen jeden einzelnen Meridian durchtreten, je nach dem Winkel, den sie mit der Axe einschliessen, verschiedene Vereinigungsstellen zeigen, und zwar liegt der Kreuzungspunkt der Randstrahlen der Linse zunächst, jener der centralen Strahlen zumeist von der Linse entfernt. Es entsteht hierdurch Undeutlichkeit im Bilde eines einfarbiges Licht aussendenden Objectes, welche eben dadurch gesetzt wird, dass das Bild eines Punktes immer ein Zerstreuungskreis sein muss. Den genannten Fehler unserer sphärischen Linsen und der aus denselben zusammengesetzten optischen Instrumente bezeichnet man als sphärische Aberration, als Aberration wegen Kugelgestalt der Oberflächen.

An sphärischer Aberration nun leidet das Auge nicht, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil die brechenden Flächen in demselben nicht Abschnitte einer Kugel, nicht sphärisch gekrümmt sind, wohl aber leidet es an monochromatischer Abweichung im Allgemeinen und zwar an den beiden Arten derselben. Weder werden die Strahlen, die in Einem Meridian auffallen, in Einen Punkt vereinigt, ohne dass sie aber dabei den für sphärische Linsen geltenden Gesetzen folgen würden, noch kommt es, falls wir diese Irregularität als nicht existirend annehmen wollen, zu einer Vereinigung der die verschiedenen Meridiane passirenden Strahlen. Es hat dieser Fehler des Auges, der gewöhnlich den Namen des Astigmatismus führt — ein Wort, das aus *α* privativum und *στίγμα*, Punkt, zusammengesetzt ist und soviel sagen will, dass das Bild eines Punktes beim Bestehen dieses Fehlers kein Punkt mehr sein kann — es hat, sage ich, dieser Fehler des Auges, welcher dessen zweiter Refractionsfehler ist, eine viel höhere Bedeutung, wie jener der chromatischen Aberration. Wir können ihn aber erst dann mit Erfolg besprechen, wenn wir andere Abweichungen des Auges, die ebenfalls den Namen der Refractionsfehler führen, vorerst erörtert haben.

Falls wir nämlich gänzlich davon absehen, dass das Auge an Fehlern der Refraction, an chromatischer und monochromatischer Aberration leidet, falls wir annehmen, dass die von einem gemischtes Licht aussendenden Punkte ausgehenden Strahlen durch den brechenden Apparat des Auges sämmtlich wieder in Einen Punkt vereinigt werden, dann können durch die Lage, welche der die *Bilder auffangende* Schirm, die Netzhaut, zum Brennpunkte des diop-

trischen Systems hat, Verhältnisse gesetzt werden, durch welche das Auge den Anforderungen, die wir an dasselbe zu stellen berechtigt sind, nicht mehr gerecht zu werden vermag.

Ein gut accommodirendes Auge entspricht den weitgehendsten Forderungen, wenn im Zustande der Ruhe parallel auffallende Strahlen auf der percipirenden Netzhautschichte zur Vereinigung kommen, denn in Folge dieses Refractionszustandes vermag das Auge noch unendlich weit entfernte Objecte, und durch sein Accommodationsvermögen noch Objecte, die einige Zoll vor dem Auge liegen, deutlich und scharf zu sehen.

Es kann nun geschehen, dass parallele Strahlen nicht auf der percipirenden Netzhautschichte, sondern vor oder hinter derselben vereinigt werden. In ersterem Falle werden unendlich entfernte Objecte nicht deutlich gesehen. Erst indem wir das Object aus der unendlichen Entfernung in die Endlichkeit rücken, bewegt sich dessen Bild nach rückwärts gegen die Netzhaut zu. Bei einer bestimmten Annäherung des ersteren an das Auge wird endlich das Bild auf die Netzhaut fallen, die Wahrnehmung wird deutlich werden. Ein derartiges Auge sieht also nur bis zu einer gewissen endlichen Entfernung, es erreicht nicht jene, bis zu welcher ein Auge überhaupt sehen soll, man sagt: es ist kurzsichtig.

Geschieht es dagegen, dass parallele Strahlen nicht auf und nicht vor, sondern hinter der Netzhaut — wir werden fernerhin unter „Netzhaut“ die das Licht percipirende Schichte dieser Membran verstehen — sich sammeln, dann ist einem solchen Auge selbst die unendliche Entfernung zu nahe, da ja Strahlen, die von dorther kommen, bereits hinter der Netzhaut sich durchkreuzen; daher divergent auffallende, d. i. von einem endlichen Punkte kommende Strahlen um so weiter hinter der Netzhaut vereinigt werden, die durch sie auf der Netzhaut formirten Bilder um so undeutlicher werden. Ein derartiges Auge sieht sicherlich über jene Distanz hinaus, bis zu welcher zu sehen einem Auge gut ansteht, man kann es daher im Gegensatze zum kurzsichtigen übersichtig nennen.

Die beiden eben genannten Anomalien, die Kurz- und Uebersichtigkeit, können auf zweierlei Weise zu Stande kommen. Es kann nämlich bei unveränderter Beschaffenheit des dioptrischen Apparates eines in Betreff der Refraction als normal anzusehenden Auges zunächst die Länge der Augenaxe von der normalen abweichen. Wird sie im Vergleiche zur letztern zu kurz, dann liegt die [illegible] *mngspunkte* paralleler Strahlen, das Auge ist

übersichtig, hat die Augenaxe dagegen eine übergrosse Länge, dann liegt die Netzhaut hinter dem Brennpunkte des dioptrischen Apparates, das Auge ist kurzsichtig. Die Kurz- und Uebersichtigkeit, die auf die eben genannte Weise zu Stande kämen, wären natürlich eo ipso nicht in einer Anomalie der Brechkraft des dioptrischen Apparates, in einer Anomalie der Refraction begründet, da ja das dioptrische System des Auges in diesen Fällen eine normale Brechkraft besitzt; und ebenso wenig, als es uns in den Sinn kommen wird, bei Untersuchung mehrerer gleich construirter optischer Instrumente die Refraction eines derselben als fehlerhaft zu bezeichnen, weil der die Bilder auffangende Schirm nicht im richtigen Abstande von der brechenden Linse steht, ebenso wenig ist es begründet, die Kurz- und Uebersichtigkeit, die auf genannte Weise entstanden, als einen Refractionsfehler des Auges anzusehen.

Doch können die genannten Anomalien auch dadurch zu Stande kommen, dass bei unveränderter Länge der Axe des normalen Auges die Brechkraft des dioptrischen Apparates im Vergleiche mit jener des Normalauges, einmal zu gross, das andere Mal zu klein ist. Dann wird aus der übergrossen Brechkraft des dioptrischen Apparates Kurzsichtigkeit resultiren, denn der Brennpunkt dieses Systems wird vor der Netzhaut liegen, dann wird die zu geringe Brechkraft Ursache von Uebersichtigkeit werden, denn hinter der Netzhaut wird hierbei der Vereinigungspunkt paralleler Strahlen zu suchen sein. In diesen Fällen wären wir vielleicht eher im Rechte, von Refractionsfehlern des Auges zu reden, wir sind es aber doch, wenn wir die Sache genauer beleuchten, selbst dann nicht. Derartige Augen werden nämlich nicht anomal, sondern normal gebaut sein, sowie die Augenaxe sich in ihrer Länge der Brechkraft des dioptrischen Apparates anpasst, im Auge mit zu starker Brechkraft entsprechend verkürzt, im Auge mit zu geringer entsprechend verlängert ist. Auch diese Refractionsanomalien sind nur desshalb solche, weil ein Missverhältniss zwischen der Lage des Brennpunktes des brechenden Systems mit jener des Schirmes besteht, und sowie von mehreren Loupen von verschiedener Brennweite wir wegen Verschiedenheit der Brennweiten nicht die eine als normal, die andere aber als fehlerhaft bezeichnen können, ebenso wenig besteht selbst in Augen mit verschiedener Brechkraft wegen der letzteren ein Fehler der Refraction. Und in der That kann es ja der Fall sein, dass das normale Auge nicht immer dieselbe Brechkraft aufweist, sondern vielmehr verschiedene Refractionszustände und dem entsprechend verschiedene *Längen der* Augenaxe besitzen kann.

In der Besprechung der uns beschäftigenden Anomalien werden wir zunächst jene behandeln, welche auf dem Missverhältnisse zwischen der Lage des Brennpunktes des dioptrischen Apparates und der Netzhaut beruhen, und dann zu den Refractionsfehlern übergehen. Da wir in letzter Hinsicht den Fehler der chromatischen Aberration bereits abgesprochen, bleibt uns nur jener der monochromatischen Abweichung, der Astigmatismus, zur Erörterung übrig. Das Normalauge werden wir insoferne in Betracht ziehen, als dasselbe durch die im zunehmenden Alter auftretenden Aenderungen der Refraction und des Accommodationsapparates in die Hände des Arztes getrieben wird.

In unserer nächsten Vorlesung aber wollen wir unsere Aufmerksamkeit einem Instrumente zuwenden, durch dessen Hilfe uns ein theilweiser Einblick in die Refractionsverhältnisse der einzelnen Theile des dioptrischen Apparates des lebenden Auges gestattet wird, ich meine das Helmholtz'sche Ophthalmometer.

Vierte Vorlesung.

Ophthalmometrie.

Wenn man bedenkt, wie sehr die über den Bau des Auges gemachten theoretischen Angaben dadurch gewinnen müssen, dass wir sie durch Messungen am lebenden Auge bewahrheiten oder wenigstens zu bewahrheiten versuchen, dann begreift man die Wichtigkeit der sogenannten Ophthalmometrie.

Die Krümmung der Hornhaut zu ergründen, muss die erste Aufgabe aller hierher bezüglichen Untersuchungen sein. Wenn das Licht aus Luft in die Cornea, oder falls diese als solche, einem Uhrglase gleich wirkend, keinen Einfluss auf die Brechung des Lichtes ausüben sollte, in das die Cornealkrümmung darbietende Kammerwasser übertritt, wird wegen der Differenz der Brechungsindices der Luft und des Kammerwassers eine weit grössere Ablenkung der Strahlen stattfinden müssen, als wenn das Licht auf seinem weiteren Wege aus dem Kammerwasser in die Linse, und von dieser in den Glaskörper gelangt. Es wird demnach die Hauptbrechung der Strahlen an der vordersten Grenzfläche des Auges stattfinden, die Krümmung dieser letztern wird den hauptsächlichsten Einfluss auf den Gang der Lichtstrahlen im Auge überhaupt ausüben.

Bereits im Jahre 1801 hat Thomas Young den Halbmesser der Hornhaut für sein eigenes Auge berechnet. Indem er den Hornhautdurchmesser direct mit dem Zirkel bestimmte, und die Hornhauthöhe ebenfalls nach einer directen Methode mit bewundernswerther Feinheit mass, konnte leicht aus diesen beiden Werthen jener des Krümmungsradius durch Rechnung gefunden werden. Und in der That können wir uns des Staunens darüber nicht erwehren, zu welch' genauem Resultate Young nach seiner Methode, die in der Messung der Hornhauthöhe jedoch ganz ungewöhnliche Schwierigkeiten darbietet, gelangte.

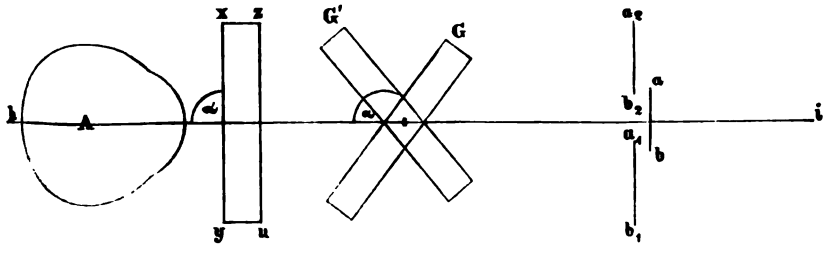
Kohlrausch war nach ihm der Erste, welcher vor 30 Jahren die Krümmung der Hornhaut im lebenden Auge zu messen versuchte. Die Hornhaut ist einem Convexspiegel von scharfer Krümmung vergleichbar. Ein jeder Convexspiegel entwirft von allen in unendlicher und positiv endlicher Entfernung gelegenen Objecten verkleinerte, aufrechte, virtuelle Bilder und zwar ist unter übrigens gleichen Umständen das Bild um so kleiner, je stärker die Krümmung der spiegelnden Fläche, je kleiner also der Radius derselben sich darstellt. Andererseits ist es klar, dass, wenn die Grösse des Objectes und dessen Abstand vom Spiegel bekannt ist und die Grösse des entworfenen Bildes gemessen werden kann, sich daraus auch die Krümmung des spiegelnden Apparates wird berechnen lassen. Dieser letztere Weg wurde auch von Kohlrausch eingeschlagen, um einen Aufschluss über die Hornhautkrümmung zu erlangen. Als Object dienten zwei Lichtflammen, a und b, oder vielmehr der Abstand, ab, der beiden Lichtflammen von einander. Die Grösse des Bildes auf der Hornhaut war durch die Linie $a_1\ b_1$ gegeben, welche die von der Hornhaut entworfenen kleinen Bildchen, a_1 und b_1, der beiden Lichtflammen mit einander verband. Diese Grösse $a_1\ b_1$ wurde nun in der Art bestimmt, dass man mit einem Fernrohre, in dessen Innern zwei parallele Spinnfäden mittelst einer Schraube gegen einander gerückt und von einander entfernt werden konnten, nach dem Auge blickte und die Spinnfäden so verschob, dass je ein Faden mit je einem der beiden Hornhautbildchen zusammenfiel. Hierauf wurde das Auge entfernt, an seine Stelle trat ein genauer Massstab, es wurden dann direct durch das Fernrohr die Theilstriche abgelesen, mit denen die Spinnfäden zusammenfielen, die Grösse des Hornhautbildchens war damit bestimmt. Aus dieser, sowie aus der Grösse des Objectes ab und aus der Entfernung des Auges von ab wurde der Halbmesser der äussern Hornhautfläche in einem Dutzend Augen annähernd berechnet.

Sieben Jahre nach Kohlrausch, im Jahre 1846 veröffentlichte [illegible]nff in Wagner's Handwörterbuche der Physiologie gleichfalls

Resultate von Messungen der Hornhautkrümmung. Nach welcher Methode er dieselben vollführte, ist von ihm nicht angegeben, doch hat sie sich nach Volkmann's Angaben darüber nicht wesentlich von jener Kohlrausch's unterschieden. In jedem Falle sind diese Messungen geeignet, in hohem Grade unser Interesse in Anspruch zu nehmen, da Senff nicht blos den Halbmesser im Scheitel der Hornhaut berechnete, sondern auch den später zu erörternden Winkel zwischen Gesichtslinie und Hornhautaxe aufdeckte, und die Ellipticität der Hornhaut erkannte und mass.

Gegen die Methode von Kohlrausch und jede ähnliche, die zum Zwecke hat, das Hornhautbild im lebenden Auge direct zu messen, macht Helmholtz den Einwurf, dass es nicht möglich sei, das lebende Auge genau zu fixiren, es daher nicht im Bereiche der Möglichkeit liege, sich zu versichern, dass, nachdem man die Marke des Massstabes oder den Spinnfaden auf den Einen Rand des Hornhautbildes gestellt und man nun dazu übergeht, dies auch beim entgegengesetzten Bildrande zu thun, das untersuchte Auge nicht inzwischen eine minimale Bewegung vorgenommen habe. Da aber, falls die Messung eine genaue sein soll, die Bilder eine bestimmte Grösse nicht überschreiten dürfen, ihr Durchmesser etwa nicht mehr als $^1/_4$ des Krümmungsradius der spiegelnden Fläche betragen darf, so wird sich jeder Fehler in der Messung des Bildes bei der Berechnung des Radius vervierfachen. Aus diesem Grunde muss man vor Allem darauf bedacht sein, eine Messung des Hornhautbildchens in der Art vorzunehmen, dass es auf geringe Bewegungen des untersuchten Auges hierbei nicht ankommt. Dieses Problem wird durch das Helmholtz'sche Ophthalmometer gelöst.

Fig. 9.



Das Princip desselben ist folgendes: Halte ich (Fig. 9) eine Glasplatte mit vollkommen ebenen und parallelen Seitenflächen ($xyzu$) so zwischen mein Auge A und ein Object ab, dass die Gesichtslinie hi meines Auges *auf den Seitenflächen* der Platte senkrecht steht, der

Winkel α also 90^0 beträgt, dann übt die Glasplatte keinerlei Einfluss auf die scheinbare Lage des Objectes. ab erscheint mir dort, wo es wirklich ist. Dies ist aber nicht mehr der Fall, sowie die Glasplatte G die auf meine Gesichtslinie senkrechte Stellung verlässt, einen schiefen Winkel mit ihr bildet. Drehe ich die Platte um eine verticale Axe etwa so, dass der Winkel bei α ein stumpfer wird, dann erscheint mir ab nicht mehr dort, wo es wirklich ist, sondern in der Horizontalebene von links nach rechts verschoben und gleichzeitig meinem Auge etwas genähert, in $a_1 b_1$. Hätte ich die Platte $xyzu$ durch einen Horizontalschnitt, der die Gesichtslinie enthält, in eine obere und untere Hälfte, G und G' zerschnitten und drehe ich nun die obere Hälfte der Platte nach rechts, die untere nach links, dann wird durch die erstere das Bild des Objectes ab nach rechts und etwas nach vorne, durch die letztere nach links und etwas nach vorwärts verschoben. Indem ich durch die Platten hindurchblicke, erscheint mir, bei einer bestimmten Grösse der Drehung derselben das Object verdoppelt, die beiden, nach entgegengesetzten Seiten wandernden Bilder entfernen sich umsomehr von einander, je mehr sich die beiden Platten um entgegengesetzte Winkel drehen, und es wird der Abstand der Bilder a_1 b_1 und a_2 b_2 von der Gesichtslinie ein gleich grosser sein, falls die Drehung um gleiche entgegengesetzte Winkel stattfindet. Allein bevor es zur wirklichen Verdopplung der Bilder kommt, scheint sich das Object nach beiden Seiten hin zu verlängern, die mittleren Theile der Doppelbilder decken sich noch, während beiderseits ihre Enden vorragen, bis endlich bei einem bestimmten Grade der Drehung der Moment kommt, in welchem das Object um seine eigene Länge verschoben erscheint, wobei also der Anfangspunkt des Objectes auf dessen Endpunkt fällt, die Punkte b_2 und a_1 einander decken. Es ist begreiflich, dass je nach der Grösse des Objectes es einer grösseren oder geringeren Drehung bedürfen wird, um den Anfangspunkt des Objectes auf dessen Endpunkt zu stellen, und es ist ebenso klar, dass einer bestimmten Grösse des Objectes immer eine bestimmte Drehung der Platten entsprechen wird, dass man demnach aus der Grösse der Plattendrehung einen unfehlbaren Rückschluss auf die Grösse des Objectes machen kann. Man hätte z. B. ein Object ab von $2'''$ Länge und man müsste, um Anfangs- und Endpunkt desselben auf einander zu stellen, eine Drehung jeder der beiden Platten um 30^0 vornehmen. Man sollte nunmehr ein Object x messen, dessen Grösse nicht bekannt ist. Bringt man dasselbe an die Stelle von ab und findet, damit x um seine eigene Länge verschoben werde, eine Drehung

jeder der beiden Platten um 30^0 vorgenommen werden müsse, so folgt daraus, dass das zu messende Object eine Länge von 2‴ hat.

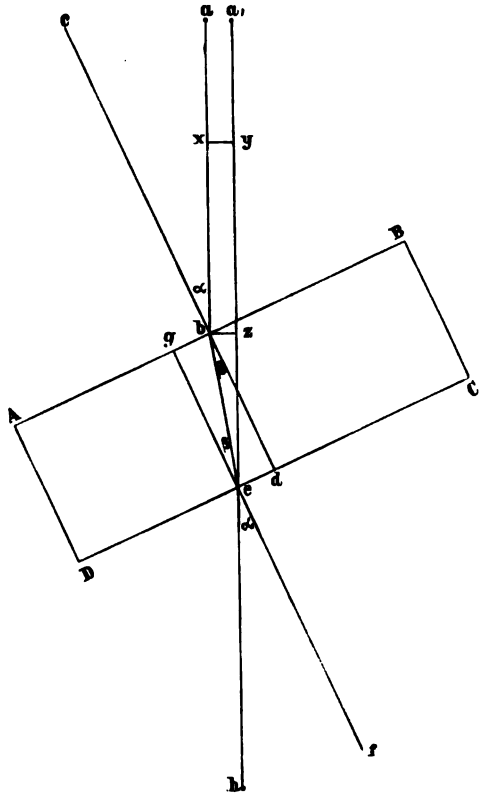
Man kann demnach, wenn die Messungen mit einem bestimmten Plattenpaare vorgenommen werden, die Drehungswerthe empirisch bestimmen, indem man feststellt, welche Drehungsgrössen Objecten von verschiedener, bekannter Grösse entsprechen. Man kann z. B. einen Millimetermassstab, auf welchem jeder Millimeter in 10 Theile getheilt ist, als Probeobject nehmen. Unter Zuhilfenahme eines vergrössernden Instrumentes wird man leicht im Stande sein, den Abstand zweier, $^1/_{10}$ Millimeter von einander abstehender Theilstriche zu erkennen. Wenn sich die Platten zu drehen beginnen, so werden sämmtliche Theilstriche des Massstabes doppelt erscheinen, und bei der Drehung der Platten um eine bestimmte Anzahl von Graden wird (Fig. 10) der Theilstrich 2 auf den Theilstrich 1 fallen, dieser letztere dann natürlich um $^1/_{10}$ Millimeter zur Seite nach *ab* geschoben sein, während 6 auf 5 gerückt ist. Die Drehungsgrösse notirt man und fährt mit der Drehung der Platten fort, in der Art, dass der Reihe nach der 3., 4., 5., 6. Theilstrich u. s. f. auf den ersten fällt. Man misst hiebei Objecte von der Grösse von 0·1, 0·2, 0·3, 0·4 Millimeter u. s. w. und man fährt so mit der Messung bis etwa zu einer Objectgrösse von 4 $M^{m.}$ fort. Die gefundenen, mit der nöthigen Sorgfalt bestimmten Drehungsgrössen trägt man mit den zugehörigen linearen Werthen in eine Tabelle ein. Will man mit dem nämlichen Instrumente Objecte von unbekannter Grösse, die aber eine lineare Ausdehnung von 4 $M^{m.}$ nicht überschreiten, bestimmen, so braucht man nichts Anderes zu thun, als das Object durch Plattendrehung zu verdoppeln, die Drehungsgrösse abzulesen und in der Tabelle den dieser Drehungsgrösse entsprechenden linearen Werth aufzusuchen. Wollte man die Genauigkeit in der empirischen Bestimmung noch weiter treiben, so könnte der Massstab eine noch feinere Eintheilung tragen. Es muss bemerkt werden, das der Abstand des Objectes vom Instrumente den Werth der Drehungsgrössen nicht beeinflusst, es daher nicht nothwendig ist, das zu messende Object in jene Entfernung zu bringen, in welcher die empirische Bestimmung am Massstabe vorgenommen wurde.

Fig. 10.

Die Richtigkeit des letzteren Satzes ergibt sich aus der Berechnung. Durch diese lässt sich gleichfalls aus gewissen Factoren der Werth der Plattendrehung bestimmen. Ist (Fig. 11) *A B C D* der Durchschnitt einer Glasplatte *mit planen und* parallelen Wänden, so dass

AB und CD gerade, unter einander parallele Linien darstellen, und fällt ein Strahl ab schief auf AB, so stellt der Winkel $abc = \alpha$ den Einfallswinkel dar, falls bc in b auf AB senkrecht steht, mithin das Einfallsloth repräsentirt. Der Strahl ab wird beim Uebergang in Glas als dichteres Medium zum Einfallslothe gebrochen, so dass der Brechungswinkel $dbe = \beta$, welchen der gebrochene Strahl be mit der Verlängerung des Einfallslothes bd einschliesst, kleiner als der Einfallswinkel ist. Ist der Strahl be in e eingelangt, so tritt er wieder aus Glas in Luft zurück. ef sei das in e errichtete Einfallsloth und eg dessen Verlängerung. Der austretende Strahl wird vom Einfallslothe gebrochen und da er wieder in das Medium eintritt, aus welchem er zuerst gekommen und die beiden Grenzflächen AB und CD des Zwischenmediums einander parallel sind, so ist es klar, dass der Winkel feh gleich ist dem Winkel $abc = \alpha$, sowie das eh parallel mit ab. Fällt der Strahl eh in das Auge des Beobachters, so sieht dieses letztere den leuchtenden Punkt a nicht dort, wo er ist, sondern in der letzten Richtung des einfallenden Lichtes, in einem Punkte, den wir erhalten, wenn wir eh nach rückwärts verlängern, etwa in a_1. Eine zwischen den beiden Parallelen ab und $a_1 h$ gezogene Senkrechte xy ist der Ausdruck für die Grösse der Verschiebung, welche der Leuchtpunkt durch die Glasplatte erlitten. Es ist unsere Aufgabe, diese Grösse zu berechnen. Fällen wir von b die Senkrechte bz auf $a_1 h$, so ist begreiflicher Weise $xy = bz$. Nun ist bz als Kathete des rechtwinkligen Dreieckes bze gleich der Hypotenuse *multiplicirt mit dem* Sinus des der Kathete gegenüber liegenden Winkels,

Fig. 11.



daher $$bz = be.\ \sin\ bez \quad (I).$$

be ist aber gleichzeitig auch die Hypotenuse des rechtwinkeligen Dreieckes bed und als solche gleich einer Kathete, etwa bd, gebrochen durch den Cosinus des dieser Kathete anliegenden spitzigen Winkels, d. i. des Winkels β, daher

$$be = \frac{bd}{\cos\ \beta}$$

Ferner ist $$\sphericalangle\ bez = \sphericalangle\ gez - \sphericalangle\ geb = \alpha - \beta,$$

da $gez = hef = \alpha$ als Scheitelwinkel, und $geb = ebd = \beta$ als innere Wechselwinkel.

Substituiren wir die Werthe von be und $\sphericalangle\ bez$ in der Gleichung I, so erhalten wir

$$bz = \frac{bd}{\cos\ \beta}.\ \sin\ (\alpha - \beta) = h.\ \frac{\sin\ (\alpha - \beta)}{\cos\ \beta},$$

wenn wir bd, welches uns die Dicke der Platten darstellt, mit h bezeichnen.

Die Verschiebung, welche 2 gleich dicke, aus gleichem Stoffe gefertigte, in entgegengesetzter Richtung um gleiche Winkel sich drehende Platten erzeugen, ist demnach

$$2h.\ \frac{\sin\ (\alpha - \beta)}{\cos\ \beta}$$

Wenn ich nun die Grösse eines Objectes dadurch gemessen, dass durch die Drehung der Platten Anfangs- und Endpunkt des Objectes aufeinandergestellt wurden, dann ist die Grösse des Objectes, G, durch die Grösse der Verschiebung gegeben, also

$$G = 2h\ \frac{\sin\ (\alpha - \beta)}{\cos\ \beta}$$

Um demnach ein Object mit Hilfe des Ophthalmometers direct zu messen, muss man kennen: 1. die Dicke der Platte [h], 2. den Einfallswinkel [α], 3. den Brechungswinkel [β]. Wir sehen, dass in der Formel der Abstand der Platten von dem zu messenden Objecte nicht vorkommt. Von den drei zur Berechnung nöthigen Grössen ist uns nur α, der Einfallswinkel, bekannt. Es ist die Einrichtung getroffen, dass wir am Instrumente direct den Winkel ablesen, um welchen die Platten aus der ursprünglichen Stellung herausgedreht wurden und damit ist der Einfallswinkel gegeben. Den Brechungswinkel β können wir berechnen, wenn *uns der Brechungsindex* n des Glases, aus dem

die Platten gefertigt sind, bekannt ist, denn es ist ja $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$, daher $\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n}$.

Wir müssen uns also, um das Plattenpaar zu unseren Versuchen benützen zu können, Kenntniss von der Dicke der Platten und dem Brechungsexponenten des Glases zu verschaffen suchen. Die Bestimmung dieser beiden Factoren ist aber durchaus nicht leicht und überhaupt nicht Jedem möglich, während der ersterwähnte, empirische Weg zur Bestimmung der Drehungswerthe allgemein zugänglich ist. Hat man übrigens für die Platten einmal die Werthe von h und n bestimmt oder sich bestimmen lassen, so wird man sich gleichfalls eine Tabelle anlegen, in welcher den verschiedenen Werthen von α die entsprechenden von G zugesellt sind.

Das Ophthalmometer ist ein Fernrohr, an dessen vorderem Ende die beiden vollkommen planen und parallelen Platten in einem cubischen Kasten angebracht sind. Durch ein geeignetes Triebwerk wird es möglich gemacht, dass bei Drehung einer Schraube die beiden Platten um gleiche Winkel nach entgegengesetzten Seiten hin bewegt werden. Auf die feinere mechanische Construction des Instrumentes einzugehen, kann hier nicht am Platze sein. Man blickt durch das Fernrohr und die Platten nach dem zu untersuchenden Auge und misst auf die angegebene Weise die Dimension des von der Hornhaut entworfenen Bildes eines Objectes von bekannter Grösse. Das untersuchte Auge kann hiebei kleine Bewegungen vollführen, ohne dass dieser Umstand die Richtigkeit der Messung zu beeinträchtigen vermöchte, denn die Messung beruht auf dem Hervorrufen von Doppelbildern, die begreiflicher Weise ihre gegenseitige Lage nicht ändern können, wenn auch das Auge in toto verrückt wird.

Das Instrument gestattet nur die Messung von Objecten, welche eine Grösse von 4 M$^{m.}$ nicht überschreiten. Man kann es zwar durch eine einfache Vorrichtung auch für die Messung grösserer Objecte geeignet machen, doch ist dies für unsere Zwecke im Allgemeinen nicht nothwendig.

Handelt es sich um eine genaue Messung, so kommt es vor Allem darauf an, dass das zu messende Object ein solches sei, bei dessen Verdopplung mit grösster Schärfe der Moment angegeben werden kann, in welchem der Anfangspunkt des Objectes mit dessen End-

punkte zusammenfällt. Sind (Fig. 12) *a* und *b* zwei vertical über einander stehende Leuchtpunkte und *c* ein dritter solcher Punkt, so situirt, dass die von ihm auf die Verbindungslinie *ab* der beiden Leuchtpunkte *a* und *b* gefällte Senkrechte die letztere im Mittelpunkte *o* trifft, so sei *co* das zu messende Object. Die genaue Messung dieser Linie mit Hilfe des Ophthalmometers wird keiner besonderen Schwierigkeit unterliegen, denn es wird hiebei möglich sein, mit ungemeiner Präcision das Bild gerade zu verdoppeln. Es wird dies (Fig. 13) dann

Fig. 12.

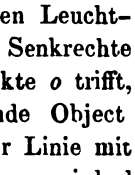
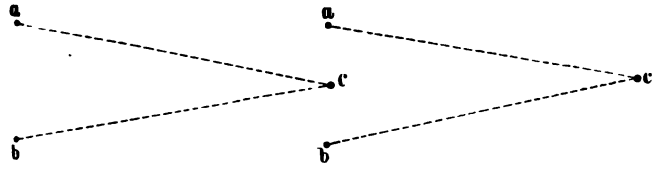


Fig. 13.

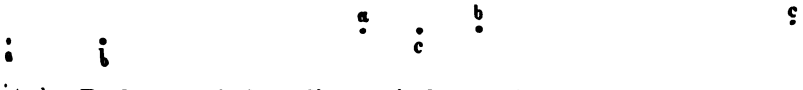


eintreten, wenn der Punkt *c* so zwischen die Punkte *a* und *b* gerückt ist, dass er mit ihnen in derselben Verticalen liegt. Dann steht der Endpunkt des Objectes auf dessen Anfangspunkte, dann werden die sechs Punkte, von denen die drei zusammengehörigen durch Linien verbunden sind, die obenstehende Lage haben. Die drei Punkte *a*, *b* und *c* können aber auch in Einer Geraden liegen (Fig. 14). Das zu messende

Fig. 14.

Object ist *oc*, jene Linie, welche *c* mit dem Halbirungspunkte von *ab* verbindet. Durch die Drehung der Platten muss hierbei *c* genau in die Mitte zwischen *a* und *b* gestellt werden, so dass die sechs Punkte wie in Fig. 15 angeordnet sind. Man muss gestehen, dass es viel leichter

Fig. 15.



ist, den Punkt *c* zwischen die vertical gestellten Punkte *a* und *b* zu schieben, als ihn genau in die Mitte der Horizontallinie *ab* zu stellen, da zur Erfüllung der ersteren Aufgabe ein sehr geringes, für die zweite jedoch ein ziemlich ausgebildetes Augenmass nothwendig ist. Doch ist es nicht zu umgehen, *dass wenn man die* Krümmung eines Meridians

einer brechenden Fläche bestimmen will, die Bilder der 3 leuchtenden Punkte sämmtlich in diesen Meridian fallen, sie selbst mithin in Einer Geraden angeordnet sind.

All' das Gesagte musste vorausgeschickt werden, um endlich zu den Messungsmethoden nach Helmholtz übergehen zu können. In einer Entfernung von 8′ von dem zu untersuchenden Auge O (Fig. 16), dessen Lage im Grossen und Ganzen gesichert wird, ist ein Massstab XY horizontal aufgestellt. Von O wird ein Loth OC auf XY gefällt. Der Fusspunkt C wird dadurch bestimmt, dass man an die Rückseite von YX, an jene Stelle, wo ungefähr der Endpunkt des Lothes hinfallen dürfte, einen Spiegel anbringt. Das Auge O sieht sein Bild im Spiegel; in dem Theilstriche, hinter welchem das Spiegelbild befindlich ist, liegt der gesuchte Punkt C. Vom Punkte C schneidet man nach beiden Seiten des Massstabes hin gleiche Stücke, CE und CF ab, so zwar, dass $CE = CF = \frac{1}{4} OC$ ist, demnach jede der Grössen 2′ beträgt, falls $OC = 8'$ gesetzt wird.

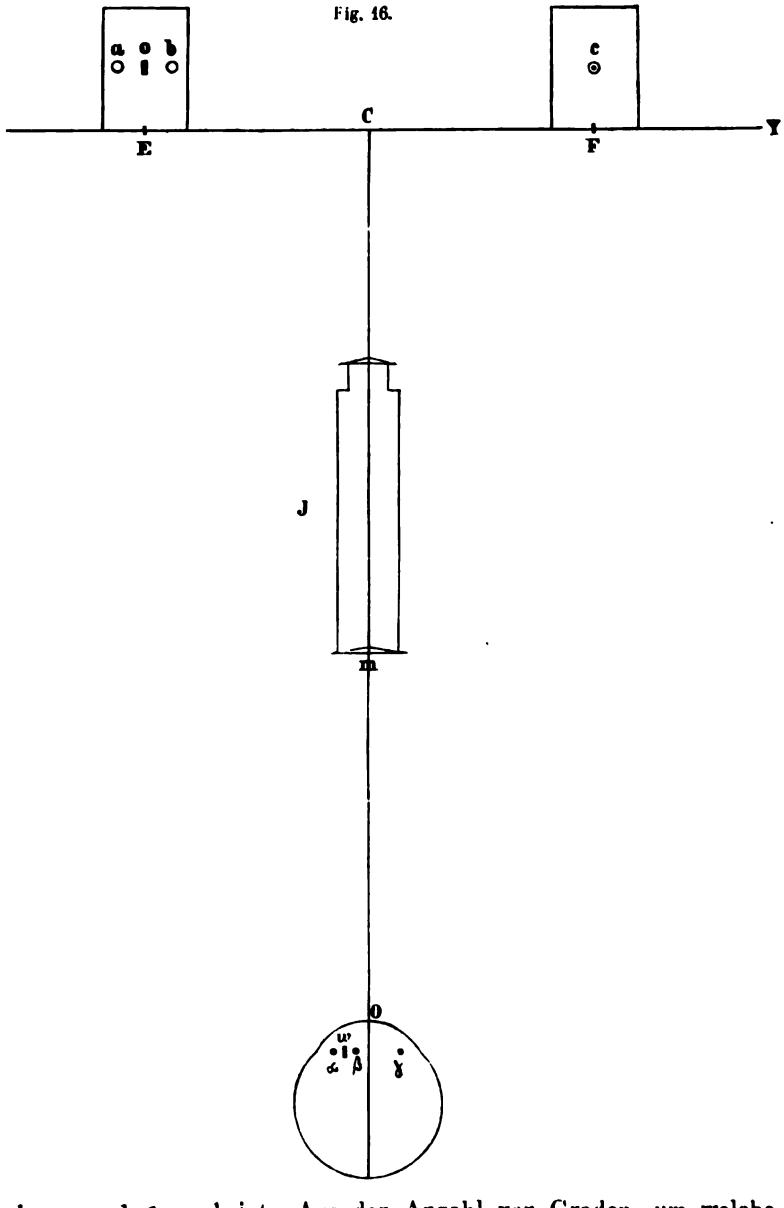
Im Punkte E sowie im Punkte F wird ein Schirm vertical, demnach senkrecht auf die Ebene der Zeichnung aufgerichtet. Der eine, etwa der in E stehende enthält zwei horizontal neben einander liegende rundliche Oeffnungen, während im Schirme bei F sich nur Ein derartiges Loch befindet. Eine im Punkte E errichtete Senkrechte muss durch den Mittelpunkt o der Linie ab, welche die Centra der Löcher des E-Schirmes mit einander verbindet, hindurchgehen, und ebenso liegt der Fusspunkt des Lothes, das von der Mitte c des Loches des F-Schirmes auf den Massstab fällt, in F. Es ist ferner $Eo = Fc$. Hinter jedem Schirme steht eine Lampe. Die 3 Schirmlöcher erscheinen dadurch als leuchtende Punkte. co ist das Object, dessen Bild von der Hornhaut des zu untersuchenden Auges erzeugt wird und mit Hilfe des Ophthalmometers gemessen werden soll. Dieses letztere, I, wird zwischen Massstab und zu untersuchendem Auge angebracht, gegen das Auge O gerichtet und für das zu prüfende Object eingestellt.

I. Bestimmung.

Will man zunächst die Krümmung der Hornhaut im Scheitelpunkte der Gesichtslinie messen, so wird das Auge O angewiesen, nach der Mitte des Ophthalmometers zu sehen. Um dies zu erzwecken, kann man an dem dem Auge O zugekehrten Ende des Instrumentes ein Fadenkreuz anbringen und das Auge nach der Mitte des Kreuzes m ken lassen. Auf der Hornhaut sieht man nun die Bilder α, β, γ der

chtenden Punkte *a*, *b*, *c*. Man misst das Hornhautbildchen $\gamma\omega$, ı man die Platten so lange dreht, bis γ genau in der Mitte

Fig. 16.



chen α und β erscheint. Aus der Anzahl von Graden, um welche

die Platten hierzu gedreht werden mussten, ergibt die entworfene Tabelle (s. oben) die Grösse des Bildes.

Ist uns die Grösse des Bildes gegeben, so können wir, da uns die Grösse des Objectes und der Abstand desselben von der Cornea bekannt ist, auch den Krümmungshalbmesser der Hornhaut berechnen. Ein Convexspiegel entwirft von unendlich entfernten Objecten Bilder, welche im Brennpunkte des Convexspiegels stehen. Der Brennpunkt ist aber um den halben Krümmungshalbmesser von der hintern Spiegelfläche entfernt. In Anbetracht des kleinen Werthes des Krümmungshalbmessers der Hornhaut und der sehr geringen Brennweite können wir den Abstand des Objectes von 8′ als so gross annehmen, dass wir dessen Bild, ohne das Resultat nur in irgend merklicher Weise zu beeinträchtigen, in den Brennpunkt legen können. Nun verhält sich aber die Grösse des Objectes zur Grösse des Bildes, wie der Abstand des Objectes von der Spiegelfläche zum Abstande des Bildes von der letzteren.

Bezeichnen wir die Grösse des Objectes, co, mit b, die Grösse seines Bildes, $\gamma\omega$, mit β, den Abstand der Hornhaut von dem Maassstabe, CO, mit a, den Radius der Cornea mit r, daher die Spiegelbrennweite der letztern mit $\frac{r}{2}$, dann erhalten wir die Proportion

$$b:\beta = a:\frac{r}{2} = 2a:r$$

und daraus

$$r = \frac{2a}{b}.\beta$$

$\frac{2a}{b}$ ist in unserm Falle $= \frac{2 \times 8}{4} = 4$. Werden die Messungen immer in der gleichen Weise angestellt, so ist $\frac{2a}{b}$ eine unveränderliche Grösse, die daher nur ein für allemal berechnet zu werden braucht. Diese Grösse wird mit dem gefundenen Werthe des Hornhautbildes multiplicirt, und so erhält man den Werth für den Krümmungshalbmesser. Es ist klar, dass man diese Rechnung für alle Werthe des Hornhautbildchens im Vorhinein vollführen kann, so dass sich in den früher besprochenen Tabellen 3 Rubriken befinden, von denen die erste die Grösse der Drehung der Platten, die zweite die dazu gehörige Dimension des Hornhautbildchens und die dritte den dem letzteren entsprechenden Werth des Krümmungsradius enthält. Es genügt dann zu bestimmen, um wie viele Grade die Platten zum nöthigen Zwecke gedreht werden

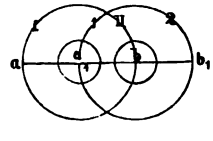
mussten. Die Tabelle gibt die Antwort, wie gross der Radius an der gemessenen Stelle sei. Da der ganze Schwerpunkt der Messungen in der richtigen Einstellung des Einen Leuchtpunktes in die Mitte der beiden anderen gelegen ist, so begnügt man sich nicht mit einmaliger Beobachtung, sondern zieht aus mehreren, z. B. 5 Messungen, welche derselbe oder verschiedene Untersucher vorgenommen, das Mittel.

II. Bestimmung.

Um ein System von Messungen in den verschiedenen Meridianen der Hornhaut vorzunehmen, muss es vor Allem wichtig sein, den mit der Mitte der Hornhaut zusammenfallenden Scheitel derselben ausfindig zu machen, falls die Gesichtslinie nicht durch die Mitte der Hornhaut hindurchgehen sollte.

Um dies zu erforschen, lassen wir zunächst wieder das Auge nach der Mitte des Ophthalmometer-Kreuzes sehen. Es fällt dann, wie wir wissen, die Axe des Fernrohrs mit der Gesichtslinie zusammen, es ist die letztere eine Verlängerung der ersteren. Unmittelbar über der Mitte des Kreuzes sei eine Lichtflamme angebracht. Dieselbe wird sich auf der Hornhaut spiegeln. Wir beginnen die Platten des Ophthalmometers zu drehen und drehen dieselben so lange, bis wir dadurch die Hornhaut um ihre halbe Breite verschoben haben, so dass (Fig. 17) $a a_1 = a_1 b = b b_1$. Durch a_1, den Mittelpunkt der Pupille wird jetzt das Doppelbild 1 des Hornhautrandes gehen, während der Rand II durch den Mittelpunkt b der Pupille des Doppelbildes streichen wird, oder: der Mittelpunkt der Pupille, a_1, ist um die halbe Hornhaut verschoben, demnach auf den Rand II der Hornhaut nach b gewandert, während a nach a_1 ging. Wird das Bild der über dem Instrumente befindlichen Flamme, während die Gesichtslinie des untersuchten Auges in die Fernrohraxe fällt, auf dem Mittelpunkte der Cornea, in a_1, entworfen, so wird sein Doppelbild dort liegen, wo das von a_1 liegt, also in b. Es wird nun das eine Flammenbild am Rande 1, das zweite am Rande II der Cornea stehen. Es wird demnach in diesem Falle möglich sein, die beiden Bilder gleichzeitig auf den entsprechenden Rand der Hornhaut zu stellen.

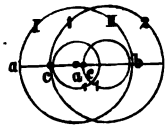
Fig. 17.



Wenn aber bei dem in Rede stehenden Versuche das Bild der Flamme sich nicht in der Mitte der Cornea spiegelt, dann gestaltet sich die Sache anders. Es wäre (Fig. 18) ab der horizontale Durchmesser der Hornhaut, a_1 *dessen Mitte*, das Bild würde aber nicht

in a_1, sondern in einem Punkte zwischen a und a_1, etwa in c entworfen. Wenn wir es jetzt wieder versuchen, die beiden Lichtbilder gleichzeitig auf die Hornhauträndern zu stellen, so kann dies nicht gelingen.

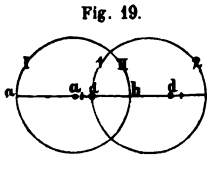
Fig. 18.



Bei einer bestimmten Drehung der Platten wird a nach c gewandert sein und mithin der Rand 1 des Doppelbildes durch c gehen. Wird aber jetzt der Rand II mit dem zweiten Lichtbilde zusammenfallen können? Unmöglich, denn dieses ist nur um eine Grösse, $cc_1 = ac$ gegen b hin verschoben. Nun ist aber $ac < aa_1$, also auch $< a_1 b$ und folglich um so $< ca_1 + a_1 b = cb$. Es müsste aber $cc_1 = cb$ sein, damit das Doppelbild c_1 mit b, mit dem Rande II zusammenfiele.

Ebensowenig können die Lichtbilder gleichzeitig auf die Hornhauträndern gestellt werden, wenn c nicht zwischen a und a_1, sondern (Fig. 19) zwischen a_1 und b, z. B. in d gelegen ist. Ist durch Plattendrehung a nach d gewandert, so steht das Doppelbild von d in d_1, um die Grösse ad, die natürlich grösser als db ist, nach d_1 hin verschoben, kann demnach nicht nach b fallen.

Fig. 19.



Aus dem Gesagten geht klar hervor, dass nur für den Fall, dass das Bild der Lichtflamme sich in der Mitte eines horizontalen Hornhautmeridians spiegelt, es möglich ist, dasselbe und sein Doppelbild auf die in Rede stehenden Ränder der Hornhaut gleichzeitig zu stellen und dass, falls dieses Experiment in einem speciellen Falle nicht gelingt, hiedurch der Beweis erbracht ist, dass das Flammenbild nicht mit der Mitte des betreffenden Horizontalmeridians zusammenfällt.

Wenn man nun, während die Gesichtslinie und die Axe des Ophthalmometers eine gerade Linie bilden, versucht, die in Rede stehenden Flammenbilder auf die Ränder der Hornhaut gleichzeitig fallen zu machen, so gelingt dieser Versuch in der Regel nicht. Es geht also die Gesichtslinie nicht durch die Mitte eines Horizontalmeridians der Hornhaut.

Stellt man vor dem untersuchten Auge einen Gradbogen auf, welcher mit einem beliebigen Halbmesser aus dem Drehpunkte des Auges beschrieben ist und bringt man auf dem Gradbogen ein Visirzeichen, z. B. ein Kreuz verschiebbar an, so kann man dieses Zeichen zunächst so stellen, dass die Fernrohraxe durch die Mitte des Kreuzes geht. An dieser Stelle findet sich der Nullpunkt der auf dem Bogen verzeichneten Scala, und von da an sind die Grade nach rechts und links hin aufgetragen. Wird das Auge zunächst auf das Visirzeichen in

seiner Primärstellung gerichtet, so kann hierbei, da nun die Gesichtslinie in die Ophthalmometeraxe fällt, das oft erwähnte Experiment mit den Bildern der Lichtflamme nicht gelingen. Es stellt sich dabei vielmehr, falls z. B. das rechte Auge untersucht wurde, bei der Verdopplung der Hornhaut ein Verhältniss heraus, wie es Fig. 19 zeigt. Verschiebt man nun das Visirzeichen von rechts nach links, also gegen die Nase des Untersuchten zu, so wird es bei einer bestimmten Abweichung des Zeichens gelingen, das Experiment auszuführen. In diesem Momente ist die Mitte des Horizontalmeridians, der die Gesichtslinie enthält, in die Axe des Ophthalmometers gerückt, während die Gesichtslinie um eine bestimmte Anzahl von Graden gegen die Nase zu, also nach innen hin abweicht.

Es bleibt noch zu erforschen übrig, ob die Gesichtslinie mit der Hornhautmitte in gleicher Höhe steht. Während das Auge noch so gerichtet ist, dass die Mitte des betreffenden Hornhautmeridians spiegelt, das Visirzeichen also um eine bestimmte Anzahl Grade vom Nullpunkte der Scala abweicht, wird der cubische Kasten, der die Ophthalmometerplatten enthält, um 90 Grade gedreht. Während die Platten bei der ersten Stellung des Instrumentes die Gegenstände in horizontaler Richtung verdoppelten, werden sie es jetzt in verticaler Richtung vollführen. Nunmehr versucht man wiederum die Lichtbilder auf die entsprechenden Hornhauträndер zu stellen. Nur dann wird dies gelingen, wenn (Fig. 20) der Endpunkt der Gesichtslinie *a* mit der Hornhautmitte *m* genau in gleicher Höhe steht. Wenn aber z. B. (Fig. 21) die Hornhautmitte *m* etwas tiefer liegt, so wird, wenn das mit *a* in gleicher Höhe entworfene Hornhautbildchen *b* mit dem Rande I der Hornhaut zusammenfällt, sein Doppelbild b_1 über dem Rande II stehen, und anderseits unter demselben, wenn (Fig. 22) die Hornhautmitte höher als *a* gelagert ist.

Fig. 20.

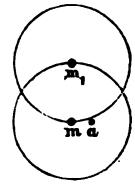
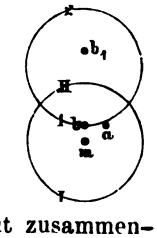
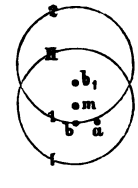


Fig. 21.



Es ergeben derartige Versuche, dass gewöhnlich eine Abweichung stattfindet. Es muss sich nämlich die Gesichtslinie längs eines Visirzeichens II nach auf- und abwärts bewegen, um die nöthige Einstellung der Lichtbilder zu ermöglichen. Steht die Gesichtslinie höher als die Hornhautmitte, dann wird das Auge gehoben, dagegen wird es, falls die Gesichtslinie tiefer liegt, gesenkt werden müssen, damit die Hornhautmitte spiegle. Man kann sich übrigens nicht verhehlen, dass die Bestimmung der Hornhautmitte im verticalen Meridiane schwieriger ist, *als die analoge* Bestimmung in der Horizon-

Fig. 22.



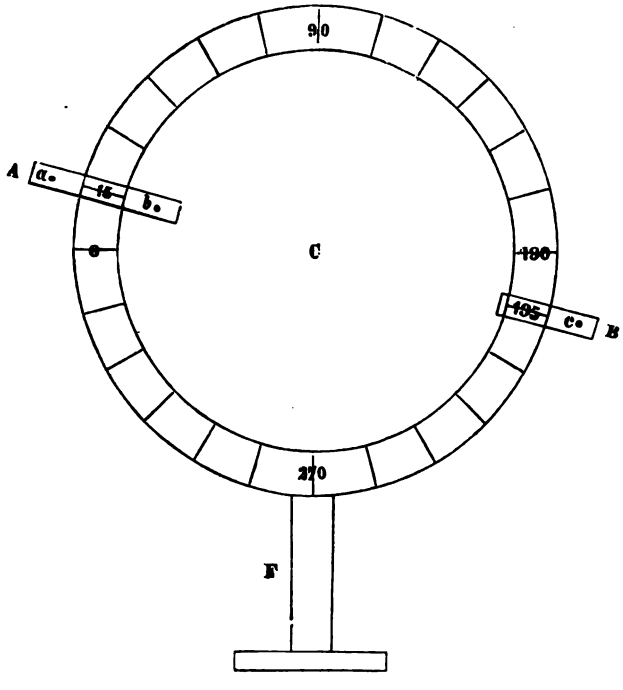
talen, weil der obere und untere Rand der Cornea wegen des Limbus conjunctivae weniger scharf markirt ist, als es die seitlichen Ränder sind und mithin die genaue Einstellung der Lichtbilder im verticalen Meridiane grösseren Schwierigkeiten unterliegt, als im horizontalen.

Um ein System von Messungen der Cornealmeridiane bequem ausführen zu können, muss man auf eine andere Anordnung des Apparates sinnen, als ihn Fig. 16 zeigt. Hiebei maassen wir die Krümmung der Cornea in einem horizontalen Meridiane. Wollen wir aber das Gleiche in andern Durchschnitten der Hornhaut vollführen, so muss der Untersuchte, während er das Visirzeichen II ununterbrochen fixirt, den Kopf zur Seite neigen; und es müsste einerseits die Grösse der Kopfneigung vollkommen genau bestimmt, andererseits dafür gesorgt sein, dass sie sich nicht ändere (Knapp hat einen derartigen Kopfhalter construiren lassen), damit durch diese Kopfverdrehungen des Beobachteten, auch wenn sie derselbe mit vieler Aufopferung vollführt, etwas Erspriessliches zu Tage gefördert würde. Es ist zu dem Zwecke, dass die leuchtenden Punkte in verschiedenen Meridianen sich spiegeln, offenbar einfacher, wenn man den Kopf des Untersuchten in unveränderter Stellung belässt und dafür sorgt, dass die leuchtenden Objecte und ebenso die Platten des Ophthalmometers, durch welche die Bildpunkte verdoppelt werden, in entsprechender Weise ihren Ort ändern.

Donders versuchte diese letzteren Anforderungen in folgender Weise zu erfüllen. Zwischen Ophthalmometer und dem zu untersuchenden Auge ist (Fig. 23) ein mit einem Fussgestelle *F* versehener Ring vertical in der Weise aufgestellt, dass die Ophthalmometeraxe auf der Fläche des Ringes senkrecht steht und durch den Mittelpunkt *C* desselben hindurchgeht. Der Ring hat einen Durchmesser von etwa 15″; sein Centrum ist ungefähr 3′ vom Auge entfernt. Auf dem Ringe befindet sich eine Gradeintheilung. Von 15 zu 15 Graden ist dieselbe aufgetragen. Auf demselben sind ferner zwei Kupferplatten *A*, *B* in der Art verschiebbar angebracht, dass ihre Mittellinien immer in der Verlängerung eines Ringhalbmessers liegen, resp. mit den entsprechenden Gradtheilstrichen, wie in der Figur angedeutet, zusammenfallen. Die beiden kupfernen Schieber tragen Lämpchen und zwar *A* zwei derselben, *B* nur eines. Jedes Lämpchen ist durch ein Diaphragma, in welchem sich eine Oeffnung befindet, gedeckt. *a*, *b* und *c* sind die Oeffnungen in den Lampenmänteln, die sich in Form kleiner leuchtender Kreise darstellen. Die drei Punkte *a*, *b* und *c* liegen in Einer Geraden und es ist dafür gesorgt, dass sie bei jeder Stellung der Platten *A* und *B*, [illegible]r vorausgesetzt, dass diese letzteren sich in gerade diametral ent-

gegengesetzter Richtung (i. e. um 180° von einander entfernt) befinden, in Einer geraden Linie bleiben. Das Princip der Messung ist das früher

Fig. 23.



angegebene. Es ist auch dafür Sorge getragen, dass der genau bestimmte Abstand des Leuchtpunktes *c* von der Mitte der beiden Leuchtpunkte *a* und *b* stets der gleiche sei. Diese Grösse ist das Object, dessen Bild auf der Cornea gemessen werden soll. Der Ring ist so aufgestellt, dass die Theilstriche 90 und 270 in die Verticale fallen und demnach der die Theilstriche 0 und 180 verbindende Meridian horizontal gelegen ist.

Die Messung beginnt damit, dass man zunächst in der früher angegebenen Weise die Mitte der Hornhaut einstellt. Geht, während das Auge das Visirzeichen II fixirt, die Ophthalmometeraxe durch die Hornhautmitte, so verharrt das Auge während der Messungen in der Fixirung des genannten Gesichtszeichens. Es wird zunächst bei vollkommen aufrechter Haltung des Kopfes, während *A* und *B* in den Theilstrichen 0 und 180 stehen, die Krümmung der Hornhaut im horizontalen Meridiane und hierauf, nachdem *A* und *B* um 90° gedreht, also auf 90 und 270 gestellt worden und die Platten des Ophthalmometers

die gleiche Drehung erfahren haben, der Radius des verticalen Meridians gemessen. Hierauf folgt die Bestimmung der zwischenliegenden Meridiane von 15 zu 15 Graden in der Weise, dass man *A* und *B* sowie die Platten des Instrumentes um die entsprechende Anzahl von Graden verschiebt. Die Zeichnung zeigt die Stellung der metallenen Schieber, wenn die Krümmung des um 15° nach oben vom Nullpunkte gelegenen Meridians bestimmt werden soll. *A* ist auf 15, *B* begreiflicherweise auf 195 gerückt. Ebenso werden hiebei die Glasplatten um einen Winkel von 15° in der Richtung von links nach rechts aus ihrer Anfangsstellung herausgedreht sein.

Dies die theoretische Grundlage der Donders'schen Messungsmethode. In praxi hat man bei der Aufstellung des Apparates oft seine liebe Noth, besonders ist es die Herstellung der Flämmchen, welche Kummer bereitet. Bald brennen die Flammen nicht hell genug, bald brennen sie nicht gleichmässig. Vor Allem fatal werden die Messungen in den Meridianen, die sich den verticalen nähern, und besonders im verticalen selbst. Da stehen die Lampen *a* und *b* gerade über einander, die obere wird von der Flamme der untern erhitzt, die noch dazu nach oben strebt. Selbst das Einschieben eines horizontalen Schirmes zwischen *a* und *b* hebt die Schwierigkeiten hiebei nicht auf. Die Flammenbilder erscheinen bei der verticalen Lampenstellung oft nicht mit der genügenden Schärfe auf der Hornhaut. Der Versuch, statt des Oels, mit welchem Donders die Lämpchen füllte, stärker leuchtende, explodirende Brennmaterialien, z. B. Petroleum zu verwenden, ist wegen der gefährlichen Nähe der beiden Lämpchen *a* und *b*, besonders in deren verticaler Lage, kein gleichgiltiger zu nennen.

Aus dem Gesagten geht klar hervor, dass es wünschenswerth erscheinen muss, sich von der Laune der Lämpchen gänzlich zu befreien. Schon Mandelstamm hat bei einer Untersuchungsmethode, von der wir bald sprechen werden, statt der Lämpchen kleine Spiegel verwendet, und Woinow liess einen derartigen Spiegelapparat für die Messung der Hornhautkrümmung in den verschiedenen Meridianen construiren, bei welchem das Licht einer neben dem Auge des Untersuchten stehenden Lampenflamme von drei ebenen Glasspiegelchen reflectirt wird, die an einer um eine horizontale Axe drehbaren Stange in analoger Weise, wie bei den Donders'schen Messungen die Lämpchen, angebracht sind. Die von den Spiegeln erzeugten virtuellen Bilder der Lampenflamme (die aber wegen der seitlichen Stellung der Lampe nicht blos neben, sondern auch hinter einander stehen, wodurch eine [illegible]risse Ungenauigkeit in die Resultate der Messungen gelangt), dienen

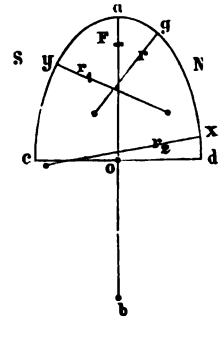
als leuchtende Objecte. Durch Drehung der die Spiegel tragenden Stange um eine bestimmte Anzahl von Graden werden die Bilder in jedem beliebigen Hornhautmeridiane erzeugt, und wird so die Krümmung der einzelnen Meridiane bestimmt.

III. Bestimmung.

Das Experiment mit dem Einstellen der Lichtbilder auf die entgegengesetzten Hornhauträndor ist wohl das einfachste, durch welches wir uns überzeugen können, dass die Gesichtslinie nicht durch die Mitte der Hornhaut geht. Der Winkel, um den die Gesichtslinie von der Hornhautaxe, die als durch die Hornhautmitte gehend betrachtet werden kann, in horizontaler und verticaler Richtung abweicht, zieht in mancher Beziehung unsere Aufmerksamkeit auf sich. Es fragt sich, ob wir denselben zu messen im Stande sind. Es wurden verschiedene Methoden zu dessen Bestimmung angegeben. Helmholtz und nach ihm Knapp forschten nach ihm durch Rechnung. Donders suchte ihn direct zu messen und Mandelstamm nach einem einfachen, von Helmholtz angegebenen Verfahren ausfindig zu machen.

Helmholtz maass (Fig. 24) den Krümmungshalbmesser r im Scheitelpunkte g der Gesichtslinie, und hierauf wurden noch die Radii r_1 und r_2 an zwei Stellen x und y, von denen die eine von g nach rechts, die andere ebenso weit nach links gelegen war, bestimmt. Es zeigte sich bei diesen Messungen zunächst, dass die 3 Radien eine verschiedene Grösse hatten. Wäre der Horizontaldurchschnitt der Cornea, in welcher die Messungen vorgenommen wurden, ein Kreis, so müssten die drei Halbmesser in ihrer Grösse übereinstimmen. Da dies nicht der Fall ist, so muss der Durchschnitt der Hornhaut einer andern krummen Linie entsprechen. Man kann ihn als Ellipse auffassen, deren grosse Axe von vorne nach rückwärts läuft. Im Scheitel der Ellipse, a, wird die Krümmung die stärkste, der Radius also der kleinste sein, während die Grösse des Radius, der jedem einzelnen Punkte der Ellipse entspricht, um so mehr zunehmen wird, je mehr sich der letztere der kleinen Axe nähert.

Fig. 24.



Ferner: läge der Endpunkt der Gesichtslinie, g, im Scheitelpunkte der Ellipse, a, so müssten die Radii an den zwei von g gleichweit entfernten Punkten x und y die gleiche Grösse besitzen. Da aber dies den Messungsresultaten nicht *entspricht*, so folgt, dass g mit a nicht

identisch ist, dass also der Radius im Scheitelpunkte der Gesichtslinie und die mit diesem nahezu übereinstimmende Gesichtslinie selbst mit der Hornhautaxe nicht zusammenfällt, sondern mit derselben einen bestimmten Winkel, α, bildet, sowie der Umstand, dass der nach der Nasenseite N von der Gesichtslinie bestimmte Halbmesser fast durchgehends grösser befunden wird, als der in gleicher Entfernung nach der Schläfe S hin gelegene, laut dafür Zeugniss gibt, dass die Gesichtslinie nach innen, gegen die Nase zu, von der Hornhautaxe abweicht.

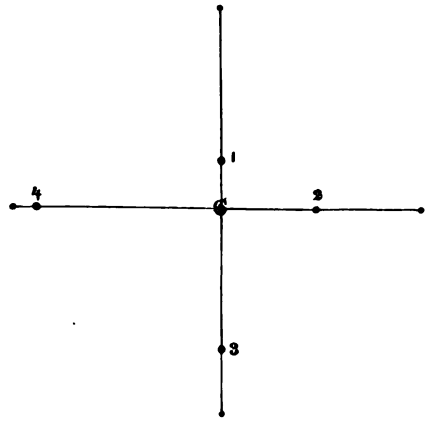
Aus den Werthen der 3 Radii, r, r_1, r_2, sowie aus dem Werthe des Winkels φ, um welchen das Auge bei Bestimmung der Radii r_1 und r_2 das eine Mal nach rechts, das andere Mal nach links aus der Anfangsstellung gedreht wurde, berechnete Helmholtz den Winkel α nach einer Formel, welche lautet:

$$tg\ 2\alpha = \frac{tg\ \varphi\ [(r\,r_2)^{1/2} - (r\,r_1)^{1/2}]}{(r\,r_1)^{1/2} + (r\,r_2)^{1/2} - 2\,(r_1\,r_2)^{1/2}}$$

Donders benützte das Experiment mit dem Einstellen der Lichtbilder auf die entgegengesetzten Hornhauträndern nicht blos um die Mitte des betreffenden Hornhautmeridians einzustellen, sondern auch um den Winkel α zu messen. Der vor dem Auge befindliche Gradbogen ist aus dem Knotenpunkte des Auges mit beliebigem Halbmesser beschrieben. Die Stellung I des Visirzeichens, bei welchem das in Rede stehende Experiment gelingt, gibt direct den Winkel zwischen Gesichtslinie und Hornhautaxe an. Muss z. B. das Gesichtszeichen hierzu um 5^0 gegen die Nase verschoben werden, so wird angenommen, dass der Winkel α 5^0 betrage. Um dann noch die Abweichung der Gesichtslinie von der Hornhautaxe in verticaler Richtung numerisch auszudrücken, ist das am Orte I aufgestellte verticale Visir mit dem gleichen Halbmesser, wie der horizontale Gradbogen, gekrümmt. Ein kleines Kügelchen kann auf diesem Zeichen auf- und abwärts geschoben werden. Das Kügelchen wird vom Auge fixirt. Bei jener Stellung der Gesichtslinie, bei welcher die Mitte der Hornhaut spiegelt, wird am Stande des Kügelchens abgelesen, um wie viel Grade nach oben oder unten von der Horizontalen die Gesichtslinie sich bewegte. Da das Verschieben der kleinen Kugel während der Messung unbequem ist und es sich nur um ganz geringe Ablenkungen handelt, so kann dem Visir auch die Form eines Kreuzes, (Fig. 25), dessen Schenkel entsprechend gekrümmt sind, und welches um die Axe C gedreht werden kann, gegeben werden. Die Kugel 1 weicht um 1^0, Kugel 2 um 2^0, 3 um 3^0, 4 um 4^0 vom Centrum des Zeichens ab. Durch einfache Drehung des Kreuzes ist es dann möglich, Fixationspunkte, die um $1-4^0$ vom Horizonte abweichen, dem

ıten Auge anzuweisen. An der Stellung jener Kugel, bei deren der Zweck am annäherndsten erreicht wird, kann dann noch ne Correction vorgenommen werden. Nach der angegebenen haben Donders und üler eine grössere Reihe sungen des Winkels α t. Die Methode schon früher von ltz und Knapp ver-, um zu zeigen, dass eitel der Hornhaut- durch die Mitte der ıt geht. Es stellte mlich heraus, dass essene Winkel α mit ichtigung der Feh- :en dem durch Be- g gewonnenen Win-

Fig. 25.



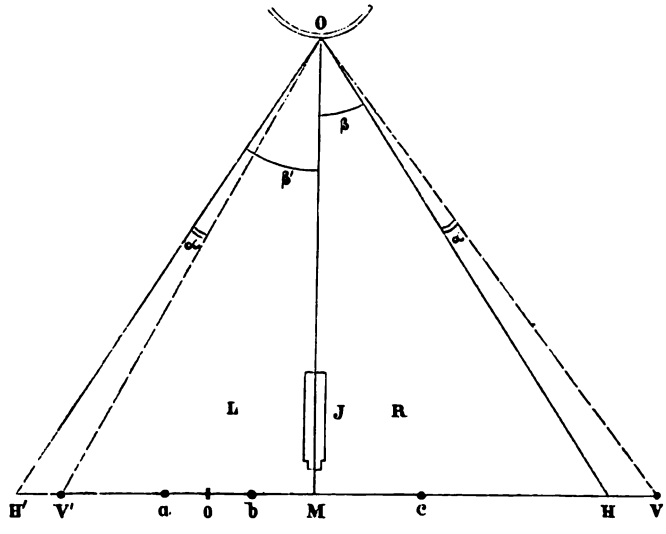
schen Gesichtslinie und Hornhautaxe entspricht, da- Hornhautaxe bei diesem Versuche in die Ophthal- raxe fällt, demnach durch die Mitte der Hornhaut, hiebei eingestellt ist, geht. Diese übereinstimmenden von Helmholtz und Knapp haben für mich wenigstens eine Beweiskraft, als die neuesten Messungen von Woinow [1]), nach die Hornhautaxe nicht durch die Mitte der Hornhaut gehen, Winkel zwischen Gesichtslinie und Hornhautaxe in den bei- :n desselben Individuums grosse Verschiedenheiten aufweisen, hen Hornhautmitte und Gesichtslinie dagegen in beiden Augen tisch sein soll.

ndelstamm macht der Donders'schen Methode den Vorwurf, hiebei kaum gelingen dürfte, die Ränder der verdoppelten Cornea lammenbildchen genau zum Decken zu bringen, weil diese Rän- scharf genug von der Sclera abgegrenzt sind". (Es ist dies ein dem wir nicht beistimmen können, wenigstens nicht für die n im horizontalen Meridiane). Er hat desshalb nach einer stimmungsmethode, welche ihm Helmholtz angab, den in henden Winkel zu erforschen gesucht. Es sei (Fig. 26) in *I*

[1]) Weitere Beiträge zur Kenntniss des Winkels α, in Gräfe's Archiv. 870. pag. 225.

das Ophthalmometer. Zur linken Seite desselben befinden sich zwei Gasflammen *a* und *b*, zur rechten Eine solche, *c*. Der Mittelpunkt *o* der Linie *a b* steht von der Ophthalmometeraxe *O M* ebenso weit als *c* ab. In einer

Fig. 26.



Entfernung von 15—18″ von der Axe des Instrumentes wird auf der rechten Seite des letztern, auf jener, auf welcher sich die Flamme *c* befindet, ein Visirzeichen *V* aufgestellt, nach welchem das zu untersuchende Auge blickt, also die Gesichtslinie *O V* gerichtet ist. Auf der Cornea erscheinen die leuchtenden Bildchen der Punkte *a*, *b* und *c*. Das Bild des Objectes *c o* wird hierauf durch Drehung der Ophthalmometerplatten gerade verdoppelt, so dass also das *c*-Bild genau in die Mitte der Bilder von *a* und *b* gestellt wird. Ist dies geschehen, dann lässt man die Platten in der Stellung, in welcher sie sich eben befinden, bringt das Visirzeichen *V* von der rechten auf die linke Seite des Instrumentes und verschiebt *V* so lange (nach *V'*), bis auf der Cornea des nach dem Zeichen blickenden Auges (wobei die Gesichtslinie durch *O V'* gegeben ist) wiederum das eine Flammenbild genau in der Mitte der beiden anderen erscheint. Da einer bestimmten Plattendrehung nur eine einzige bestimmte Objectgrösse entspricht, so wird jetzt das Hornhautbild in dieser zweiten Stellung des Auges dieselbe Grösse haben, wie in der ersten. Da aber die Grösse des Bildes von der Krümmung der Hornhaut abhängt, so folgt, dass die Hornhaut an *der Stelle, an* welcher die Bilder bei Stellung II entworfen werden.

dieselbe Krümmung habe, als an jenem Orte, an welchem zuerst die Bilder dargestellt werden. Da endlich die Krümmungen eines Hornhautmeridians an jenen zwei Stellen, welche gleichweit von der Axe entfernt sind, die gleichen sind, so ist weiters der Schluss zu ziehen, dass die Hornhautaxe, OH', in der Stellung II denselben Winkel, natürlich nach entgegengesetzter Richtung mit der Ophthalmometeraxe bildet, als in der Stellung I, wo sie mit OH bezeichnet ist, dass demnach der Winkel MOH oder β dem Winkel MOH' oder β' gleich sei. Ist $\alpha = \alpha$ der von Gesichtslinie und Hornhautaxe eingeschlossene Winkel, so ist, da

$$\beta = \beta'$$

und

$$\alpha = \alpha$$

$$\alpha + \beta = \alpha + \beta'.$$

Nun ist aber

$$\beta' = \alpha + \sphericalangle V'OM.$$

Substituiren wir diesen Werth von β', so erhalten wir

$$\alpha + \beta = \sphericalangle VOM = 2\alpha + \sphericalangle V'OM$$

folglich

$$\alpha = \frac{\sphericalangle VOM - \sphericalangle V'OM}{2}$$

Der Winkel zwischen Gesichtslinie und Hornhautaxe ist demnach gleich der halben Differenz jener Winkel, welche die Gesichtslinie mit der Axe des Ophthalmometers in der ursprünglichen und in der Secundärstellung des Auges einschliesst.

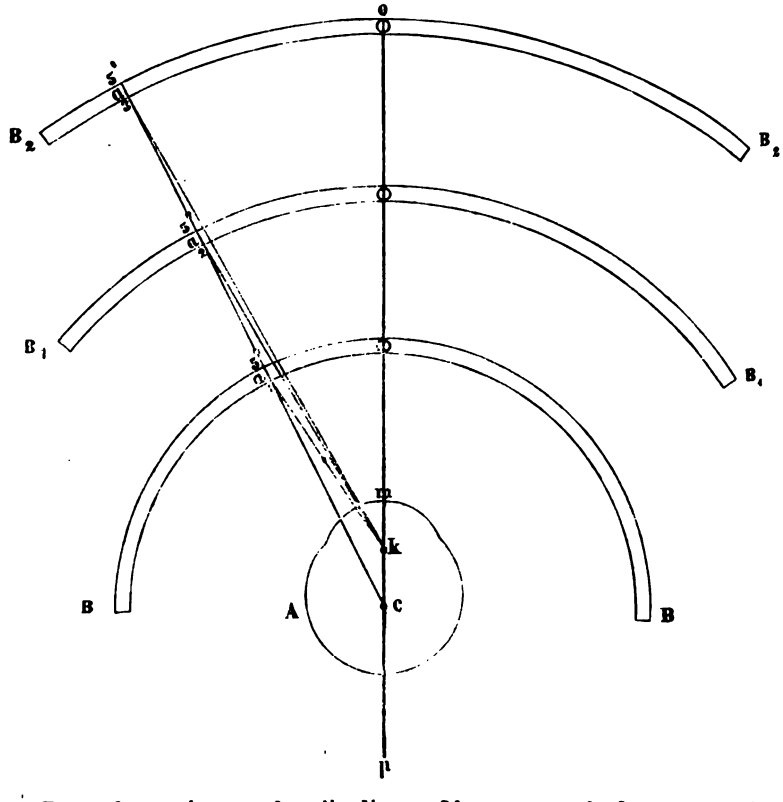
Denken wir uns all' die Linien, MO, HO, $H'O$, VO, $V'O$ in Einen Punkt, O, zusammenlaufen, wie es die ganze Deduction erfordert und liegt dieser Punkt, wie in unserer und Mandelstamm's Zeichnung, z. B. im Scheitel der Hornhaut, so können wir $\sphericalangle MOV$ und $\sphericalangle MOV'$ leicht berechnen, denn es ist $tg.\ MOV = \frac{MV}{OM}$ und $tg.MOV' = \frac{MV'}{OM}$.

Da uns MV und MV', die jeweiligen Abstände des Visirzeichens von der Ophthalmometeraxe bekannt sind und ebenso die Grösse OM durch directe Messung gegeben ist, so liegen uns alle Stücke vor, um die in Rede stehenden Winkel, und somit den Winkel α zu berechnen.

In ganz analoger Weise bestimmte Mandelstamm die Abweichung der Gesichtslinie von der Hornhautaxe im verticalen Meridiane, nur dass statt dreier übereinanderstehender Flammen drei an einem Stativ angebrachte, über einanderstehende Planspiegelchen, welche von einer seitlich aufgestellten Gasflamme Bilder entwarfen, verwendet wurden. Die Spiegel wurden am Rande mit schwarzem Papiere belegt, in der Art, dass nur eine querliegende, spiegelnde Spalte, welche die Stelle der Lichtquelle vertrat, übrig blieb.

Nach den angegebenen Methoden könnte wohl der Winkel α annähernd bestimmt werden, wenn nur mehrere von den als bekannt angenommenen Bestimmungsstücken wirklich gegeben und mehrere Suppositionen richtiger wären. Allein die Sache liegt vom mathematischen Standpunkte nicht so einfach und es ist an der Zeit, die hier in Betracht kommenden Verhältnisse endlich einmal genauer zu beleuchten.

Fig. 27.



Betrachten wir zunächst die directe Messungsmethode von Donders. Es wird hiebei gesagt, dass der vor dem Auge befindliche Gradbogen *BB* (Fig. 27) aus dem Knotenpunkte des Auges beschrieben sei [1]). Einen Bogen aus dem Knotenpuukte des Auges zu beschreiben, geht aber bei der in Rede stehenden Messung nicht an, weil das Centrum

[1]) Middelburg, de zitplaats van het astigmatisme. 1863, pag. 20, und *Donders*, On the anomalies etc. 1864, pag. 462.

ines solchen Kreises, in welchem die Winkelspitze gelegen ein soll, begreiflicherweise unbeweglich sein muss, der Knotenpunkt aber, da er nicht mit dem Drehpunkte zusammenfällt, bei den Bewegungen des Auges sich selbst bewegt, also z. B. während die Hornhautaxe Ms (Fig. 28) von M nach M' gerichtet wird, von k nach k' wandert. Ein derartiger Gradbogen kann natürlicher Weise nur aus einem fixen Punkte des Auges, aus dem Drehpunkte beschrieben sein. Nehmen wir nun aber schon an, dass wir diesen Fehler rectificiren und den Bogen BB (Fig. 27) aus dem Drehpunkte des Auges, c, beschreiben und es müsste das Auge A, dessen Gesichtslinie durch $a_1 k$ ausgedrückt wird, auf das Visirzeichen a_1 sich richten, damit die Mitte der Hornhaut m spiegle, also mit der Ophthalmometeraxe op zusammenfalle, dann gibt der auf dem Gradbogen abgelesene Winkel, z. B. von 5^0 nicht den Winkel $a_1 ko$, nicht den Winkel zwischen Gesichtslinie und Hornhautaxe, sondern den Winkel $a_1 co$, den Winkel zwischen Hornhautaxe und der Linie $a_1 c$ an. Diese Linie, welche den Fixationspunkt mit dem Bewegungscentrum des Auges verbindet, bezeichnet Helmholtz als Blicklinie. Der abgelesene Winkel α ist also der zwischen Hornhautaxe und Blicklinie.

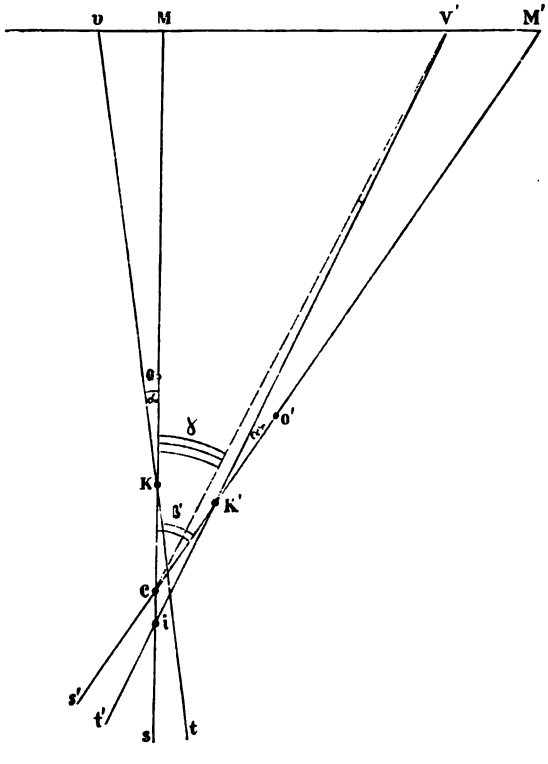
Wir könnten die Donders'sche Methode zu einer verhältnissmässig exacten machen, falls uns die Lage des Drehpunktes bekannt wäre. Wir könnten dann den Winkel α berechnen. Es sind uns nämlich in diesem Falle im Δ $a_1 ck$ folgende Stücke bekannt: der Winkel bei c, $a_1 ck$ durch Messung, sowie die beiden ihn einschliessenden Seiten: $a_1 c$ als Radius, mit dem der Bogen BB beschrieben ist und ck als Abstand des Knotenpunktes vom Drehpunkte. Setzen wir k 7 M$^{m.}$ und c den Drehpunkt, nach Donders (in einem emmetropischen Auge) 13·5 M$^{m.}$ hinter die Vorderfläche der Hornhaut, dann ist $ck = 6{\cdot}5$ M$^{m.}$ Sind uns in einem Dreiecke zwei Seiten und der eingeschlossene Winkel gegeben, dann können wir die übrigen Stücke des Dreiecks berechnen. Wir bestimmen so den Winkel $a_1 kc$ und daraus den Winkel α als dessen Nebenwinkel. Es wäre z. B. $a_1 c = 8''$, $\sphericalangle a_1 ck$, den wir am Gradbogen ablesen $= 5^0$, ck setzen wir $= 6{\cdot}5$ M$^{m.}$, dann ergibt die Rechnung $\sphericalangle a_1 kc = 174^0\ 54'\ 20''$ und demnach $\alpha = 5^0\ 5'\ 40''$.

Ein Blick auf Fig. 27 zeigt ferner, dass es für den Werth des Winkels α nicht gleichgiltig sei, mit welchem Radius der Bogen vor dem Auge beschrieben erscheint. Der Winkel bei c bleibt sich allerdings gleich, ob der Radius durch ca_1, oder ca_2 oder ca_3 gegeben ist, nicht so aber der Winkel α. α wird unter übrigens gleichen Verhältnissen um so kleiner, je grösser *der Radius* wird, denn es ist ja $a_1 ko >$

$a_2\ ko > a_3\ ko$. Man wende uns nicht ein, dass die Rückführung der Messung auf richtige Principien keine wesentlichen Differenzen zur Anschauung bringe, ein mathematisches Princip fordert als solches sein Recht, ganz ohne Rücksicht auf practische Resultate.

Aus diesem Grunde müssen auch die factischen Verhältnisse ersichtlich gemacht werden, wie sie bei der Mandelstamm'schen Rechnung statt haben. Ist (Fig. 28) sM die Axe, vt die Gesichtslinie des zu untersuchenden Auges, vkM der Winkel α; ist o der Scheitel der Hornhaut, k der Knotenpunkt, c der Drehpunkt des Auges und bewegt sich nun dasselbe im Horizonte zur Fixation des Gesichtszeichens V', dann hat c seinen Ort auf der Augenaxe $s'M'$ nicht verlassen, o ist nach o', k nach k' gewandert. Stellt sM gleichzeitig die Axe des Ophthalmometers vor, dann wird diese von der Hornhautaxe in c, von der Gesichtslinie in ihrer neuen Stellung in i geschnitten, während der Durchschnittspunkt von Hornhautaxe und Gesichtslinie in k' liegt. Es ist vollkommen unbegründet, die Punkte c, i und o' in Einen Punkt, O, wie in Fig. 26 zusammenfallen zu lassen. Aber richtig ist es trotzdem, dass der Winkel zwischen Hornhaut- und Ophthalmometeraxe in diesem Falle gleich sei dem Winkel zwischen Gesichtslinie und Ophthalmometeraxe mehr dem Winkel α. Denn es ist $\sphericalangle Mck' = \beta'$ als Aussenwinkel des Dreieckes cik' gleich der Summe der beiden inneren gegenüberstehenden Winkel, also gleich $cik' + ck'i$. $ck'i$ und α sind aber Scheitelwinkel, also einander gleich, mithin ist

Fig. 28.



$$\beta' = \alpha + cik'.$$

Die Mandelstamm'sche Berechnung kann also trotz jener unrichtigen Annahme aufrecht erhalten werden. Nur ist es zur Bestimmung von α eine conditio sine qua non, dass der Winkel $cik' = MiV'$, der Winkel zwischen Gesichtslinie und Ophthalmometeraxe wirklich gegeben sei, wie Mandelstamm annimmt.

Es wird die Tangente dieses Winkels (Fig. 26) gleich gesetzt $\frac{MV'}{MO}$. Was ist aber MO? Etwa der Abstand des Punktes M vom Auge? Nein! MO ist die Linie Mi (Fig. 28); die Lage des Punktes i können wir aber überhaupt nicht bestimmen, wenn wir nicht, abgesehen davon, dass wir die Lage des Knoten- und Drehpunktes als bekannt voraussetzen, den Winkel α schon kennen, denn nur dann wüssten wir unter den gemachten Voraussetzungen, wo die Gesichtslinie die Ophthalmometeraxe schneidet. Würden wir $Mi = Mc$, dem Abstande des Punktes M vom Drehpunkte des Auges setzen, dann würden wir $tg.x$ durch $\frac{MV'}{Mc}$ ausdrücken, dadurch aber nicht den Winkel MiV', sondern den Winkel zwischen der Blicklinie, cV', und der Ophthalmometeraxe, wir würden den Winkel γ messen. So spricht die theoretische Betrachtung. In practischer Beziehung ist zu bemerken, dass die Grösse ci allerdings verschwindend klein gegen den Abstand des Punktes M vom Auge ist, aber immerhin dürfen wir bei unserer Berechnung nicht den Abstand des Punktes M vom Auge als massgebend annehmen, sondern müssen wenigstens die Distanz zwischen M und dem Drehpunkte des Auges in die Rechnung einführen.

Ganz das Gleiche, was über die Mandelstamm'sche Rechnung vorgebracht wurde, gilt für die Bestimmung des Winkels α nach der Helmholtz'schen Berechnungsmethode. Hiebei wird gleichfalls der Winkel, welchen der bei einer Seitenstellung des Auges mit der Ophthalmometeraxe zusammenfallende Radius einer bestimmten Hornhautstelle mit der Hornhautaxe macht, gleichgesetzt dem Winkel $\alpha + \varphi$ (resp. $\alpha - \varphi$), wobei φ den Winkel zwischen Gesichtslinie und Ophthalmometeraxe ($\sphericalangle MiV'$ in Fig. 28) bedeutet. Diese Gleichung ist, da es sich um ganz dieselben Verhältnisse, wie sie eben dargestellt wurden, handelt, aus demselben Grunde richtig, aus welchem $\beta = \alpha + MiV'$, aber nicht etwa desshalb, weil α und φ einfach Theile des in Rede stehenden Winkels wären. Wenn Knapp sagt [1]: „Der Winkel

[1] Die Krümmung der *Hornhaut. 1860. pag.* 17.

φ ist bekannt. Er ist die Abweichung der Verbindungslinie des Auges mit dem Gesichtszeichen von der Beobachtungslinie des Ophthalmometers," so ist dies ein ganz unbestimmter Ausdruck. Es handelt sich da nicht um die Verbindungslinie des Auges mit dem Gesichtszeichen, sondern um die Verbindungslinie des Punktes *i*, in welchem die Gesichtslinie in der neuen Stellung die Ophthalmometeraxe schneidet, mit dem Gesichtszeichen. Die Lage dieses Punktes ist aber unbestimmbar, wenn α nicht gegeben ist. In keinem Falle darf aber bei der Berechnung der Abstand des Drehpunktes von der Cornea vernachlässigt werden.

Es darf uns, meine Herren! die Zeit nicht gereuen, die wir auf die letzten theoretischen Betrachtungen verwendet haben, es handelte sich um eine längst erwünschte Klarlegung der in Rede kommenden Verhältnisse. Es ist sonderbar, dass ich der Erste auf die besprochenen Fehler aufmerksam gemacht habe. Ich muss an dieser Stelle Helmholtz in Schutz nehmen gegenüber einem ostensibel zweimal angeführten Citate Woinow's [1]). Wenn Helmholtz wirklich bei der Donders'schen Messungsmethode des Winkels α diesen Winkel für den Winkel zwischen Blicklinie und Hornhautaxe erklärt hätte, so wäre dies natürlich theoretisch ein capitaler Fehler, da beim Beschreiben des Gradbogens aus dem Knotenpunkte noch immer weit eher der Winkel zwischen Gesichtslinie und Hornhautaxe, als jene zwischen Blicklinie und Hornhautaxe gemessen wird. Es ist aber Helmholtz nicht in den Sinn gekommen, dies zu behaupten.

Woinow, der sich nach mir mit demselben Gegenstande beschäftigte, hat (in den ophthalmometrischen Studien) eine Arbeit über den Winkel α veröffentlicht, in welcher er so bescheiden ist, sich nicht zum Entdecker der Fehlerhaftigkeit der genannten Methoden aufzuwerfen. So weit habe ich gegen Woinow's Angaben Nichts einzuwenden. Allein wenn er diese ganze eigentlich rein theoretische Betrachtung in eine unverantwortliche optische Spielerei dadurch ausarten lässt, dass er auch noch die Aenderung der Lage des Knotenpunktes in Betracht zieht, welcher, selbst falls der Gradbogen nur 12" vom Auge absteht, im Vergleiche zu seiner Lage im nicht accommodirenden Auge nur um circa 0·2 M^m vorrückt (eine Grösse, kleiner als jede Fehlerquelle), und wenn er endlich, um den Winkel α zu messen, von dem, wie er behauptet, unbekannten Scheitelpunkte des zu messenden Winkels

[1]) Ophthalmometrische Studien. pag. 48, und Gräfe's Archiv XVI. 1. pag. 226.

Gradbogen beschreibt, so verdient dies ernstlich gerügt zu werden. Möge er sich in letzterer Beziehung nicht auf Donders berufen, der auch, um den Drehpunkt des Auges zu bestimmen, aus dem zu suchenden Drehpunkte einen Gradbogen beschrieb. Es ist dies ein anderer Fall.

Den angeführten Messungs- und Bestimmungsmethoden haben wir noch Folgendes beizufügen: die Messung der drei Radii: r, r_1, r_2 (Fig. 24) genügt, um ausser dem Radius ϱ im Scheitel der Ellipse a, den man auf einfachere Weise direct messen kann, die grosse und kleine Axe der Ellipse, ab und cd, sowie die lineare Excentricität, d. i. den Abstand des Mittelpunktes von einem Brennpunkte, oF, zu berechnen. Die Brennweiten der Hornhaut können nach Bestimmung des Halbmessers und unter Zugrundelegung des Werthes für den Brechungsindex des Kammerwassers ebenfalls eruirt werden. Endlich kann auch noch die Hornhauthöhe, der Abstand des Scheitels von deren Basis bestimmt werden. Bei dem Versuche (Fig. 17), in welchem wir das vom Hornhautcentrum reflectirte Bild und sein Doppelbild auf die entsprechenden Hornhauträndern stellen, haben wir die Hornhaut um ihre Hälfte, oder vielmehr um den halben Durchmesser ihrer Basis verschoben. Die Grösse dieser Linie ist durch die Grösse des Winkels, um welchen die Ophthalmometerplatten hierbei gedreht werden mussten, gegeben. Aus dieser Grösse, sowie aus der grossen und kleinen Axe kann man den Abstand des Scheitels der Hornhaut von deren Basis deduciren.

IV. Bestimmung.

Mit der Messung der Hornhaut hat die Ophthalmometrie ihre Aufgabe noch lange nicht erfüllt. Ausser, dass mit ihrer Hilfe noch die Tiefe der vordern Kammer gemessen wird, fragt es sich, ob sie auch dazu verwendet werden könne, mit Hilfe der Messung von Bildern den Halbmesser der vordern und hintern Linsenfläche direct aufzufinden. Helmholtz und nach ihm Knapp haben nur zumeist auf indirecte Weise die Grösse der Linsenbilder zu messen gesucht, indem die Grösse der Bildchen der Linsenflächen mit einem dicht danebenstehenden Hornhautbildchen verglichen, das letztere dem ersteren gleichgemacht wurde. Aus der Grösse des Hornhautbildchens, welches ja genau gemessen werden konnte, wurde dann ein Rückschluss auf die Grösse des Linsenbildchens und auf die Krümmung der Linsenflächen gemacht.

Will man bei Anwendung der gewöhnlichen Lichtquellen, selbst der hellbrennendsten Gasflammen die Linsenreflexe durch das Ophthalmometer beobachten und es versuchen, dieselben in ähnlicher Weise wie bei der Hornhautuntersuchung zu zerlegen, so gelingt dies absolut

nicht. Die Bilder sind zu lichtschwach, um überhaupt wahrgenommen werden zu können. Da aber andererseits die Methoden von Helmholtz und Knapp zur Bestimmung der Linsenkrümmungen viel zu wünschen übrig liessen, so versuchte Rosow auf Helmholtz's Vorschlag eine stärkere Beleuchtung für die Linsenuntersuchung. Die Anwendung von Drummond'schem Lichte führte noch zu keinem befriedigenden Resultate. Dagegen ward endlich in dem directen Sonnenlichte die entsprechende Lichtquelle gefunden. Bei Herbeiziehung des directen Sonnenlichtes werden die Bilder der vordern und hinteren Linsenkapsel scharf genug, um durch das Ophthalmometer gesehen, und durch Verdopplung gemessen werden zu können.

Die Schärfe, mit welcher diese Bilder bei Sonnenbeleuchtung hervortreten, ist für Jeden wahrhaft überraschend, der sich vergeblich bemüht hat, bei der gewöhnlichen Beleuchtungsmethode von diesen Reflexen auch nur irgend Etwas zu erhaschen. Rosow selbst hat die Messungen in einer grösseren Anzahl von Fällen nicht durchgeführt. Dagegen liegen derartige Messungen von Seiten Woinow's, Strawbridge's und Adamük's bereits vor.

Fünfte Vorlesung.

Definition der Accommodationsbreiten. Bezeichnungsweise der Brillenwerthe. Die Ausdrücke für die Accommodationsbreiten des Emmetropen und Ametropen.

Aus den Höhen der Ophthalmometrie wollen wir in der heutigen Vorlesung in ein mehr zugängliches und für den practischen Augenarzt wichtigeres Gebiet, jenes der Accommodationsbreiten nämlich, hinabsteigen. Was wir unter dem Accommodationsvermögen des Auges im Allgemeinen zu verstehen haben, dies ist uns in einem früheren Vortrage klar geworden. Wir haben nicht vergessen, dass die Eigenschaft des Auges, seine Refraction durch Muskelkraft zu ändern, eben jenes Vermögen repräsentirt. Die stärkste Linse aber, welche sich ein Auge zuzulegen vermag, wird unter übrigens gleichen Verhältnissen eine verschiedene sein, je nachdem das Auge für sich allein in Action tritt, oder je nachdem es mit seinem Genossen, also im binoculären Sehacte, wirkt, oder endlich je nachdem eine bestimmte Convergenz der Sehaxen, die wir im Momente unserer Bestimmungen als unver-

lich ansehen wollen, festgestellt ist

Die stärkste Linse, welche sich ein Auge zuzulegen vermag, wenn es für sich allein ohne Rücksicht auf den binoculären Sehact thätig ist, nennt man die absolute Accommodationsbreite, während jene Linse, um welche die Brechkraft jedes Auges verstärkt werden kann, während der binoculäre Sehact eingehalten wird, die binoculäre Accommodationsbreite darstellt. Jene Linse endlich, um deren Werth die Augen ihre Brechkraft ändern können, falls eine bestimmte Convergenz der Gesichtslinien gegeben ist, wird als relative Accommodationsbreite bezeichnet, und wenn demnach sowohl die absolute als die binoculäre Accommodationsbreite für ein bestimmtes Augenpaar zu einer bestimmten Zeitperiode nur Eine ist, so besitzt andererseits eben dieses Augenpaar begreiflicher Weise eine ganze Reihe verschiedener relativer Accommodationsbreiten, da ja eder einzelnen Gesichtslinienconvergenz eine bestimmte relative Accommodationsbreite entspricht. Die absolute, binoculäre und relative Accommodationsbreite sind also nichts Anderes als Linsenwerthe, und wir werden daher für diese Grössen dieselbe Bezeichnungsweise einzuführen in der Lage sein, welche für unsere Glasconvexlinsen gilt.

Es tritt demnach zunächst die Frage zur Beantwortung an uns heran, in welcher Art und Weise wir die Refraction unserer Linsen auszudrücken pflegen. Es ist a priori einleuchtend, dass wir in zweierlei Weise vorgehen können. Wir können nämlich entweder von einer das Licht sehr stark brechenden Linse, also von einer Linse *A* von sehr kurzer Brennweite als Einheit ausgehen, so zwar, dass die gewöhnlich zur Verwendung kommenden Linsen, weil schwächer brechend, in ihrem Werthe als Bruchtheile der als Massstab angenommenen auftreten, die Brechkraft von Linsen aber, welche eine noch kürzere Brennweite als die Linse *A* hätten, durch ein Vielfaches des Werthes von *A* dargestellt würde — oder aber wir legen eine Linse *B* von sehr grosser Brennweite, also sehr geringer Brechkraft zu Grunde, so dass dann der Werth der meisten in Gebrauch stehenden Linsen ein Vielfaches des Werthes der Linse *B* repräsentirt und nur besonders schwache Linsen als Bruchtheile dieser letztgenannten Grösse erscheinen.

Es ist jetzt üblich — und vorzüglich durch Donders wurde diese Bezeichnungsweise cultivirt — von einer starken Linse, nämlich einer solchen von 1″ B. W. als Einheit auszugehen. Die Brennweite dieser Linse ist 1 und ihre Brechkraft ist gleichfalls 1. Ist dieses einmal festgesetzt, dann ist Nichts leichter, als die Brechkräfte der übrigen Linsen mit jener der Normallinse zu vergleichen. Welche Brechkraft entspricht z. B. *einer Linse von 2″ B. W.?* Ich erhalte den Ausdruck

dafür in Form eines Bruches, in dessen Zähler 1 und in dessen Nenner die Zahl 2 (die Brennweite der Linse in Zollen ausgedrückt) steht, die Brechkraft der Linse ist demnach $^1/_2$, der reciproke Werth ihrer Brennweite. Der Bruch $^1/_2$ sagt aus, dass eine Linse von 2″ Brennweite nur die Hälfte der Brechkraft der Normallinse besitzt, dass ich demnach zwei derartige Linsen brauche, um eine Combination herzustellen, welche ebenso wie Convex 1 wirkt. Durch diese Ausdrucksweise ist es möglich, anzugeben, welche Wirkung die Summe mehrerer Linsen, deren Brennweiten uns bekannt sind, ausübt. Ich frage, wie wirkt ein Linsensystem, zusammengesetzt aus drei Linsen, von denen die eine eine Brennweite von 6″, die zweite eine solche von 12″ besitzt, während der dritten eine Focaldistanz von 4″ zukommt, vorausgesetzt, dass die Linsen so dicht aneinander liegen, dass der Abstand ihrer optischen Mittelpunkte vernachlässigt werden kann? Können wir zur Beantwortung dieser Frage die Zahlen 6, 12 und 4 direct in Angriff nehmen? Nein, wohl aber deren reciproke Werthe. Die Brechkraft $\frac{1}{x}$ der zu suchenden Linse von x″ B. W. ist gleich:

$$^1/_6 + ^1/_{12} + ^1/_4 = ^6/_{12} = ^1/_2.$$

Die Combination besitzt demnach eine Brechkraft $^1/_2$, wirkt also wie eine Convexlinse von 2″ B. W.

Andererseits wird die Brechkraft einer Linse von $^1/_2$″ B. W. durch 2 ausgedrückt, sie ist doppelt so gross, als jene der Normallinse, und sollte an uns, was uns allerdings auf unserem Gebiete nicht passiren kann, die Frage herantreten, was die Combination dreier Linsen mit Brennweiten von $^1/_6$, $^1/_{12}$ und $^1/_4$ Zoll leistet, so werden wir um die Antwort nicht verlegen sein. Die Brechkraft des Systems wird sein: $6 + 12 + 4 = 22$. die Brennweite einer Linse von gleicher Action, wie sie die Combination ausübt, wird $^1/_{22}$ Zoll betragen.

In neuerer Zeit hat man nun auch von verschiedenen Seiten begonnen, statt einer starken Linse eine solche von grosser Focaldistanz zum Ausgangspunkte der Vergleichung zu nehmen. Giraud-Teulon machte (1864) den Anfang. Er legt eine Linse von 18′ = 216″ zu Grunde. Diese Linse, mit der Brechkraft $^1/_{216}$, ist die Einheit. Nur ein Glas, welches eine noch grössere Brennweite, also eine noch geringere Brechkraft hätte, würde durch eine gebrochene Zahl ausgedrückt werden. Die Refraction einer Linse von 36′ = 432″ z. B. wäre $^1/_2$. Mit so schwachen Linsen hat man es jedoch nicht zu thun und desshalb wird der Werth der in Verwendung kommenden Gläser immer ein Vielfaches der Giraud-Teulon'schen Einheit sein. Zeigen wir an eini-

gen Beispielen, wie die Linsen nach Giraud-Teulon zu bezeichnen wären. Eine Linse von 36″ B. W. z. B. würde als Nr. 6. erscheinen, denn sie würde durch 6 Einheiten ausgedrückt, da $^6/_{216} = {}^1/_{36}$. In gleicher Weise wäre eine Linse von 18″ B. W. = Nr. 12, da $^{18}/_{216} = {}^1/_{18}$. Nr. 24 wäre eine Linse $^1/_9$, Nr. 36 = $^1/_6$, Nr 72 = $^1/_3$, Nr. 216 = 1. Man muss gestehen, dass die Zahl 216 ziemlich glücklich gewählt ist, indem die Gläser, welche in unseren Brillenkästen enthalten sind, sich unter Zugrundelegung dieser Einheit fast sämmtlich durch ganze Zahlen im Giraud-Teulon'schen Sinne ausdrücken lassen.

Zehender hat (1866) den Vorschlag gemacht, eine Linse von 48″ B. W. als Einheit anzunehmen. Jede Linse wird dann durch jene Zahl bezeichnet, welche angibt, wie viele Einheiten, d. i. $^1/_{48}$ Linsen in derselben enthalten sind.

Nach Zehender ist demnach:

Nr. $^1/_2$ = $^1/_{96}$	Nr. 6 = $^1/_8$
Nr. 1 = $^1/_{48}$	Nr. 8 = $^1/_6$
Nr. 2 = $^1/_{24}$	Nr. 12 = $^1/_4$
Nr. 3 = $^1/_{16}$	Nr. 16 = $^1/_3$
Nr. 4 = $^1/_{12}$	Nr. 24 = $^1/_2$

Nagel hat (1867) das Zollmass verworfen und als Einheit die Meterlinse, d. i. eine Linse, deren Brennweite 1 Meter (= c. 37 Pariser Z. = c. 38¼ Preuss. Zoll = c. 38 Wiener Z. [1]) beträgt, proponirt. Da es hierbei gleichfalls eine schwache Linse ist, welche in's Spiel kommt, so sind die gewöhnlichen Brillengläser Multipla dieser Meterlinse, und dies noch mehr, wenn man, wie es Burow schliesslich (1868) that, eine Linse von drei Meter B. W. zu Grunde legt.

Wir wollen vorläufig von diesen verschiedenen Ausdrucksweisen für die Linsenwerthe einfach Notiz nehmen, wir werden an einem andern Orte, an welchem wir über die Reihenfolge der Gläser zu sprechen haben werden, Gelegenheit finden, über diesen Gegenstand zu handeln. Hier mussten wir nur die verschiedenen Bezeichnungsarten kennen lernen, weil wir die Accommodationsbreiten als Linsenwerthe definirten und daher jetzt erst in der Lage sind, für die ersteren Zahlenwerthe einzuführen. Nehmen wir zuerst irgend ein allgemeines Beispiel. Ein Auge gehe eine Accommodationsänderung ein, es lege sich etwa eine Linse zu, gleichwerthig einer vor das ruhende Auge gesetzten Glaslinse von 12″ B. W., wobei wir den Abstand zwischen dem optischen Centrum des Glases und jenem des Auges vernachlässigen wollen.

[1]) Genau: 1 *Meter* = *36·94 P. Z.* = *38·23* Pr. Zoll = 37·96 W. Zoll.

Diese Accommodationsveränderung wird nach Donders ausgedrückt durch den Bruch $^1/_{12}$, jede Accommodationsveränderung allgemein durch einen Bruch: $^1/x$. Nach Giraud-Teulon, Zehender Nagel und Burow ist der Accommodationswerth eine ganze (oder gemischte) Zahl x, in dem speciellen Falle ist x = 18 (Giraud-Teulon) = 4 (Zehender), = 3 (Nagel $^3/_{36 \cdot 9\frac{1}{4}}$ = c. $^1/_{12}$) = 9 (Burow).

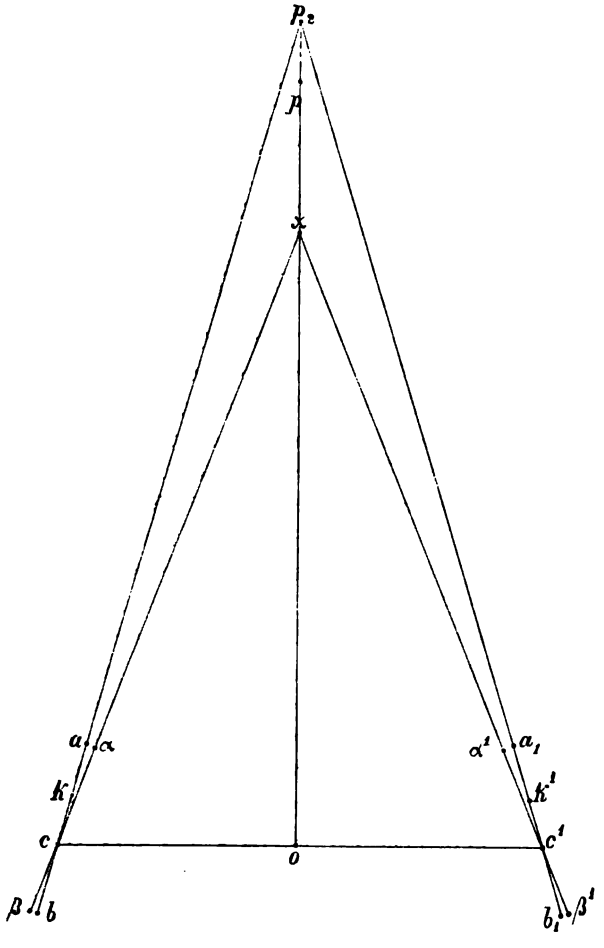
Indem wir für unseren Theil die Donders'sche Bezeichnungsweise aufrecht erhalten, gehen wir nunmehr zu einer genaueren Betrachtung der verschiedenen Arten der Accommodationsbreiten über.

Nehmen wir ein jugendliches Individuum mit zwei scharfsichtigen, gemeinschaftlichen Sehact und gleiche Refraction besitzenden Augen. Die Refraction der Augen wäre normal, d. h. bei Accommodationsruhe würden von unendlich entfernten Objecten deutliche Bilder auf der Netzhaut entworfen.

Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Contraction der Brücke'schen und der geraden inneren Augenmuskeln. Die beiden Muskelpaare zeigen Mitbewegung. Wenn die Gesichtslinien parallel gestellt sind, so befinden sich hierbei die Accommodationsmuskeln sowie die Musculi recti interni bei normalgebautem Auge im Zustande der Ruhe. Sowie aber die Augenaxen zu convergiren beginnen, so beginnt auch die Zusammenziehung des Accommodationsmuskels in der Art, dass die Augen für jenen Punkt accommodirt sind, für welchen sie convergiren. Mit zunehmender Convergenz wird in Folge dessen auch die Contraction des Accommodationsmuskels sich in entsprechender Weise erhöhen, allein es kann endlich eine Grenze kommen, von welcher angefangen die Wirkungen der beiden Muskelpaare nicht mehr harmoniren, so zwar, dass die von einem bestimmten Punkte fortschreitende Convergenz der Gesichtslinien noch eine Spannungszunahme im Accommodationsapparate herbeiführt, diese aber nicht gross genug ist, um von jenem Objecte, auf welches die Gesichtslinien nunmehr gerichtet sind, noch vollkommen deutliche Bilder auf der Netzhaut erscheinen zu lassen. Durch folgende Zeichnung wird das Gesagte sofort noch klarer werden. Es bezeichnen (Fig. 29) e und e^1 die Drehpunkte der beiden Augen A und B; der Abstand der beiden Drehpunkte cc^1, welchen man Grundlinie nennt, kann mit Donders 2″ 4½‴ gleichgesetzt werden. Die Gesichtslinien der beiden Augen, ab und a_1b_1, convergiren nach einem in der Medianlinie (d. i. in der im Mittelpunkte o der Linie cc^1 auf die letztere errichteten Senkrechten) gelegenen, 4″ von der Grundlinie entfernten Punkte p_2. Die Augen sehen diesen Punkt noch deutlich, denn jedes *derselben hat sich* nunmehr eine Linse $^1/_4$ zugelegt. Die Convergenz

)er hiermit noch nicht ihre Grenze erreicht. Es ist eine noch
'e Convergenz, etwa nach einem 3″ entfernten Punkte x möglich.

Fig. 29.



ıber ist es dem Auge nicht gegeben sich eine Linse $^1/_3$ zuzulegen,
'd demnach der binocular fixirte Punkt x nicht mehr deutlich ge-
Wenn aber auch der Nahepunkt einerseits nicht bis nach dem
rgenzpunkte, also 3″ an das Auge heranrücken konnte, so ist er
'rseits nicht in p_2 stehen geblieben, sondern befindet sich auf
Wege zwischen p_2 und x, etwa in p, $3^3/_4$″ vom Auge. Da die
htslinien aber nach x *gerichtet sind,* so fällt das Bild des Punktes p

in jedem Auge nach innen von der fovea centralis retinae und p wird desshalb in gleichnamigen Doppelbildern gesehen. Aus dem Gesagten geht hervor, dass für die Augen ein nächster Punkt, der nicht durch die stärkste Convergenz der Gesichtslinien gegeben ist, existirt, in welchem noch binocular scharf gesehen werden kann. Dieser Punkt, der binoculäre Nahepunkt, sei in unserm Falle p_2, und wird nach Donders ganz allgemein mit p_2 bezeichnet. Jene Linse nun, welche jedes der Augen sich zulegt, wenn die Gesichtslinien nach dem binoculären Nahepunkte convergiren, ist die binoculäre Accommodationsbreite, welche nach Donders durch $\frac{1}{A_2}$ ausgedrückt wird. In dem von uns gesetzten Falle ist $\frac{1}{A_2} = {}^1/_4$. Wir können nicht umhin, hierbei darauf aufmerksam zu machen, dass wenn unsere Gesichtslinien nach einem 4″ entfernten Punkte convergiren, damit noch nicht eo ipso sichergestellt ist, dass sich unsere normalgebauten Augen, um diesen Punkt deutlich zu sehen, eine Linse ${}^1/_4$ zulegen müssen. Wenn wir sagen, der Convergenzpunkt liegt in der Medianlinie 4″ vor den Augen, so fragt es sich, wie wir diese Distanz messen. Wir können hiebei offenbar nur den Abstand op_2 des Punktes p_2 von der die Drehpunkte verbindenden (Grund-) Linie, cc^1, im Auge haben, da die Convergenzgrösse durch die Grösse des Winkels, welchen die Gesichtslinien bei c und c^1 mit der Grundlinie einschliessen, gegeben ist. Wie weit ist aber dieser Punkt p_2 von jedem der Augen entfernt? Wenn von der Entfernung eines Objectes vom Auge gesprochen wird, so muss bei unseren Betrachtungen darunter immer der Abstand vom optischen Centrum (dem vereinigten Knotenpunkte) des Auges verstanden werden, gerade so wie die Lage und Grösse der von einem Systeme von Glaslinsen entworfenen Bilder zuvörderst von dem Abstande des Objectes von dem optischen Mittelpunkte (resp. den beiden Knotenpunkten) des Systems abhängig ist. Im Knotenpunkte des Auges denken wir uns jene ideale Glaslinse angebracht, die uns das optische System des Auges repräsentirt und vor welche wir uns während des Accommodationsactes Glaslinsen von verschiedener Brennweite gelegt denken. Es fragt sich nun: Wenn der Punkt p_2 4″ von der Grundlinie entfernt ist, wie weit steht er von dem Knotenpunkte (k oder k^1) jedes Auges ab? Die Sache ist leicht zu berechnen. $\triangle\ p_2\,oc$ ist ein rechtwinkeliges Dreieck. Die eine Kathete $p_2\,o = 4''$, die andere $oc = 14{}^1/_2'''$ (halbe Grundlinie). Daraus finden wir für die Hypotenuse p_2c die Länge von 4″ 2·07‴, und wenn wir von dieser

Grösse den Abstand des Knotenpunktes vom Drehpunkte $ck = 6{\cdot}5$ M[m.][1]) $= 2{\cdot}88'''$ abziehen, so erhalten wir $p_2k = 3'' 11{\cdot}19'''$. Wenn also der Convergenzpunkt 4" von der Grundlinie entfernt ist, so steht er unter den gegebenen Verhältnissen 3" 11·19‴ von k ab, es wird sich daher jedes Auge eine etwas stärkere Linse, als $^1/_4$, zulegen müssen, um im Convergenzpunkte deutlich zu sehen, doch ist die Differenz, die hierbei eintritt, selbst bei so starker Convergenz eine so geringe (nämlich eine solche von $^1/_5'''$ und wird bei schwächerer Convergenz eine immer geringere), dass wir füglich gänzlich davon absehen können. Erwähnenswerth erschien mir aber immerhin, in welcher Weise wir diese Verhältnisse eigentlich aufzufassen haben.

Kehren wir zu unseren Accommodationsbreiten zurück. Mit der binoculären wären wir im Reinen, jetzt wollen wir zunächst die absolute definiren. Dies ist bald geschehen. Die absolute Accommodationsbreite ist die stärkste Linse, welche sich ein Auge überhaupt zuzulegen vermag. Wenn (Fig. 29) bei stärkster Convergenz von keinem näheren Punkte, als dem $3^3/_4$" abstehenden p ein deutliches Bild auf der Netzhaut entworfen werden kann, dann ist eine Linse von $3^3/_4$ B. W. die stärkste Linse, welches sich das Auge hinzuzufügen vermag, dann ist die absolute Accommodationsbreite, die nach Donders als $\frac{1}{A}$ bezeichnet wird, $= \frac{1}{3\frac{3}{4}}$. Wir würden, wie wir sahen, Doppelbilder erhalten, wollten wir den Punkt p mit beiden Augen genau sehen. Wir haben aber einen solchen Abscheu vor Doppelbildern, dass wir in jedem Falle hierauf verzichten würden, wenn wir nicht durch die Schliessung Eines Auges oder auch auf andere Weise Ein Bild eliminiren könnten. Bei dem Gebrauche Eines Auges allein kann also dieses von seiner absoluten Accommodationsbreite Gebrauch machen.

Was verstehen wir unter relativer Accommodationsbreite? Ehe wir auf diesen Gegenstand eingehen, sei Folgendes in Betracht gezogen. Es steht uns begreiflicher Weise frei, jede Linse aus einer beliebigen Anzahl schwächer brechender Linsen von gleicher oder verschiedener Brennweite uns zusammengesetzt zu denken. Nehmen wir z. B. eine Convexlinse $^1/_2$ und denken wir uns dieselbe aus lauter $^1/_{24}$ Linsen zusammengefügt.

Zwölf vierundzwanzigstel Linsen werden in die Bildung einer solchen Linse eingehen. Was wir mit einer Linse thun können, können

[1]) S. pag. 67.

wir auch mit der Accommodationsbreite vollführen. Donders hat auf diese Weise eine fictive Accommodationsbreite $^1/_2$ in derartige 12 vierundzwanzigstel Linsen zerlegt. Denken wir uns ein normalgebautes d. i. bei Accommodationsruhe parallele Strahlen auf seiner Netzhaut vereinigendes Auge lege sich absatzweise eine $^1/_{24}$ Linse nach der andern zu. Es sieht dann deutlich mit $\frac{1}{24}$ Linse in 24″,

mit $2 \times \frac{1}{24}$ „ in 12″, da $\frac{2}{24} = \frac{1}{12}$

mit $3 \times \frac{1}{24}$ „ in 8″, da $\frac{3}{24} = \frac{1}{8}$

mit $4 \times \frac{1}{24}$ „ in 6″, da $\frac{4}{24} = \frac{1}{6}$

mit $5 \times \frac{1}{24}$ „ in $4\frac{4}{5}$″, da $\frac{5}{24} = \frac{1}{4\frac{4}{5}}$

mit $6 \times \frac{1}{24}$ „ in 4″, da $\frac{6}{24} = \frac{1}{4}$

mit $7 \times \frac{1}{24}$ „ in $3\frac{3}{7}$″, da $\frac{7}{24} = \frac{1}{3\frac{3}{7}}$

mit $8 \times \frac{1}{24}$ „ in 3″, da $\frac{8}{24} = \frac{1}{3}$

mit $9 \times \frac{1}{24}$ „ in $2\frac{2}{3}$″, da $\frac{9}{24} = \frac{1}{2\frac{2}{3}}$

mit $10 \times \frac{1}{24}$ „ in $2\frac{2}{5}$″, da $\frac{10}{24} = \frac{1}{2\frac{2}{5}}$

mit $11 \times \frac{1}{24}$ „ in $2\frac{2}{11}$″, da $\frac{11}{24} = \frac{1}{2\frac{2}{11}}$

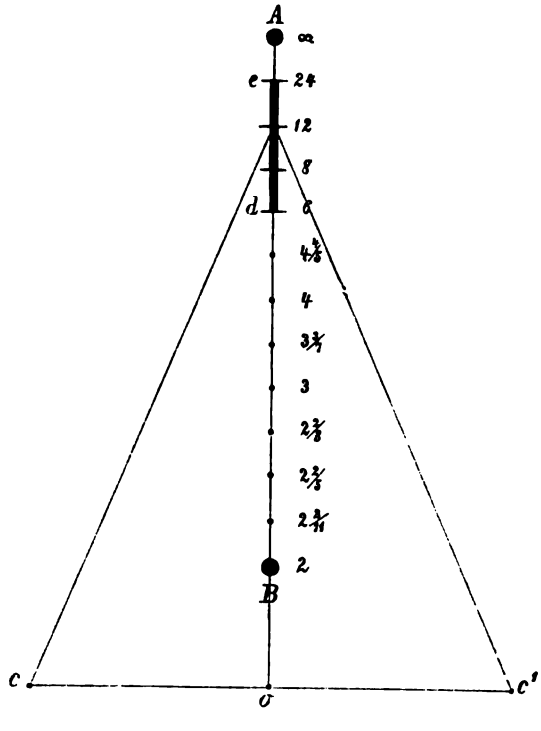
mit $12 \times \frac{1}{12}$ „ in 2″, da $\frac{12}{24} = \frac{1}{2}$.

Sie sind, meine Herren! von diesen Multplicationsexempeln ganz ermüdet. Allein wir lernen aus den gegebenen Daten, dass durch eine und dieselbe Refractionsvermehrung des dioptrischen Systems sehr verschiedene lineare Masse im Raume durchlaufen werden. Um von $2\frac{2}{11}$ auf 2″ zu accommodiren, müsste sich das Auge die gleiche Linse, nämlich $^1/_{24}$, zulegen, wie um aus der unendlichen Entfernung für jene von 24″ sich einzustellen. Ueberhaupt drücken uns je 2 unter einanderstehende Distanzwerthe eine Refractionsänderung von $^1/_{24}$ aus. Wir haben absichtlich den Ausdruck vermieden, dass es für das Auge die nämliche Accommodationsanstrengung bedeute, wenn es einerseits z. B. von der Unendlichkeit für 24″ und andererseits etwa von $4\frac{4}{5}$ für 4″ accommodire. Denn wenn es sich auch in beiden Fällen um gleiche Refractionsänderungen handelt, so ist doch die Kraft, welche die letzteren erzeugte, in den beiden Fällen eine verschiedene. Es erfordert sicherlich eine grössere Anstrengung, den Nahepunkt, der sich eben in $4\frac{4}{5}$″ befindet, um $^4/_5$″ bis auf 4″ heranzubringen, als um die Strecke von der Unendlichkeit bis zu 24″ zu durchlaufen. Denn einerseits wird der

Accommodationsmuskel, der sich seiner Contractionsgrenze nähert, um einen gleichen Effect zu erzielen, eine stärkere Anstrengung ausführen müssen, als wenn er aus dem Zustande der Ruhe eben erst in jenen der Zusammenziehung übergeht; andererseits wird ein und dieselbe Muskelcontraction eine grössere Formveränderung der Linse und damit eine grössere Refractionsänderung herbeiführen, wenn die Linse eben erst aus ihrer Gleichgewichtsfigur gebracht wird, eben erst ihre Form zu ändern beginnt, als wenn sie schon beinahe ihre grösste Convexität erreicht hat.

Die Linie AB (Fig. 30) stelle uns eine Accommodationsbreite $^1/_4$ vor, das ganze Accommodationsgebiet ist nach Donders in 12 gleiche Theile getheilt in der Art, dass der Abstand je zweier unmittelbar unter einanderstehender Theilpunkte $= {}^1/_{24}$ Linse ist. Eine solche Eintheilung des Accommodationsgebietes ist eigentlich nach dem eben Gesagten unstatthaft. Wenn wir die ganze Kraft, welche dem Accommodationsmuskel zukommt, in gleiche Theile zerlegen und als Einheit jene Anstrengung setzen, welche der Muskel vollführen muss, um der ruhenden Linse eine Linse $^1/_{24}$ zuzulegen, dann wird, wenn die Muskelcontraction immer um die gleiche Einheit zunimmt, die resultirende Linse um so schwächer werden, je weiter die Zusammenziehung des Muskels vorgeschritten, je mehr der Nahepunkt an's Auge heranrückt. Die vierundzwanzigstel Linsen bedeuten also ungleiche Theile der Accommodationskraft und zwar kommt ihnen ein um so grösserer Werth zu, je mehr *sie sich dem Punkte B* nähern. Trotzdem wollen

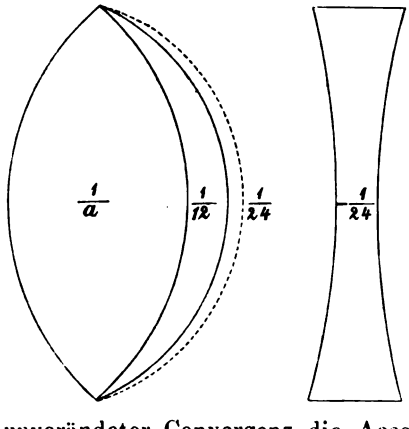
Fig. 30.



wir, da wir zur schematischen Darstellung eine gleichmässige Eintheilung des Accommodationsgebietes brauchen, dieselbe aber nach dem richtigen Principe in Zahlen zu geben unmöglich ist, an der Donders'schen Eintheilung festhalten, werden aber nicht umhin können, auf diesen Gegenstand noch bei Gelegenheit zurückzukommen.

Nehmen wir bei der Besprechung der relativen Accommodationsbreite wiederum an, wir hätten zwei scharfsichtige, normalgebaute Augen eines jugendlichen Individuums mit normalem Muskelapparate. Die Gesichtslinien sollen nach einem 12″ entfernten Punkte convergiren. Dann hat sich hiebei jedes Auge eine Linse $^1/_{12}$ zugelegt, da in der Entfernung von 12″ jetzt deutlich gesehen wird. Haben nun die Augen während die Convergenz für 12″ eingehalten wird, keine Accommodationsbreite? d. h. kann der Accomodationsmuskel seinen Contractionszustand während einer bestimmten Gesichtslinienconvergenz nicht ändern, ist die Figur der Linse für jede Convergenz nur Eine und unveränderliche? Legen wir, um diese Frage zu entscheiden, während die Convergenz für 12″ ungeändert bleibt, vor jedes der Augen ein schwaches Concavglas, etwa von 24″ B. W. Wenn die Augen trotz dieses Concavglases fortfahren würden, in der Distanz von 12″ deutlich zu sehen, so würde dies beweisen, dass sich jedes Auge, repräsentirt durch die Linse $\frac{1}{a}$ (Fig. 31) zu der Linse $^1/_{12}$ jetzt noch eine Linse $^1/_{24}$ hinzulegte, denn nur dann, wenn dies geschähe, würde die vor dem Auge stehende Concavlinse paralysirt und dem Auge bliebe noch immer die Linse $^1/_{12}$, um von dem 12″ entfernten Objecte ein deutliches Bild auf der Netzhaut zu entwerfen. Wenn nun dieser Versuch unter den gegebenen Voraussetzungen gemacht wird, dann kann man sich in der That überzeugen, dass man, wenn auch das Object kleiner zu werden scheint, doch deutlich zu sehen fortfährt. Es hat sich also wirklich bei unverändeter Convergenz die Accommodation geändert und man findet den Ausdruck für die der gegebenen Convergenz entsprechende grösste Accommodationsanstrengung, wenn man die stärkste Con-

Fig. 31.



vlinse bestimmt, die noch überwunden wird, die also die deutliche

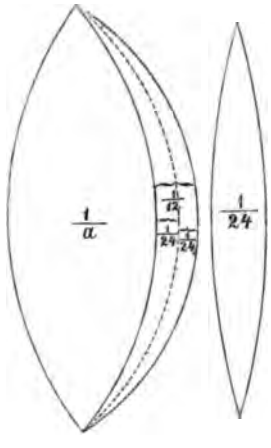
Wahrnehmung noch nicht vereitelt. Es möge sich ergeben, dass Augen von erwähnter Beschaffenheit bei einer Convergenz von 12″ eine Concavlinse von 12″ aber keine stärkere zu neutralisiren vermögen. Dann ist die stärkste Linse, welche sich jedes Auge hiebei zu der Linse $^1/_{12}$ noch zulegen konnte, wieder eine Linse $^1/_{12}$. Die Summe der Linsen, die sich das Auge jetzt in toto zugefügt hat, ist $^1/_{12} + ^1/_{12} = ^1/_6$. Das Auge zeigt also in diesem Momente, trotzdem die Convergenz für 12″ sich nicht änderte, eine Accommodationsanstrengung, die genügen würde, um in der Entfernung von 6″ deutlich zu sehen, es kann demnach bei der Convergenz von 12″ die Accommodationsanstrengung, deren es bedarf, um im Convergenzpunkte deutlich zu sehen, gerade noch verdoppeln, ja noch mehr, da nach dem oben Erörterten einer Accommodation von 12 bis 6″ Zoll ein grösserer Werth zukommt, als jener von der Unendlichkeit bis zu 12″.

So wie demnach das Vorlegen von Concavgläsern den Beweis liefert, dass bei der Convergenz von 12″ die Accommodation nach einer Richtung hin keine unveränderliche ist, nämlich gegen den Nahepunkt hin geändert werden kann, so werden uns andererseits Versuche mit Convexgläsern darüber belehren, ob vielleicht bei dieser Convergenz auch eine Relaxation des Accommodationsmuskels möglich sei. Legen wir vor die in der bewussten Convergenz beharrenden Augen jederseits etwa eine Convexlinse von 36″ B. W.

Der dioptrische Apparat des Auges hat jetzt im Vergleiche mit dem Ruhezustande ein Plus von zwei Linsen, von $^1/_{12} + ^1/_{36}$. Da die Summe dieser beiden Linsenwerthe $^1/_9$ ist, so sind die Augen für einen 9″ entfernten Punkt eingestellt, können demnach im Convergenzpunkte, in 12″, nicht deutlich zu sehen fortfahren. Und dennoch lehrt der Versuch, dass die Wahrnehmung durch die genannten Convexgläser nicht an Deutlichkeit verliert. Dies ist offenbar nur dann möglich, wenn das Auge sich selbst jene Linse, die ihm vorgesetzt wurde, wegnimmt, so dass die Summe jener Linse, die das Auge noch durch Accommodation zugelegt behält, und der vor das Auge gestellten $= ^1/_{12}$ ist. Indem wir bei diesen Proben immer stärkere Convexgläser vorsetzen, können wir ermitteln, wie weit die Relaxation des Accommodationsmuskels bei einer bestimmten Convergenz gehe. In dem gegebenen Falle wäre (Fig. 32) $^1/_8$ das stärkste Convexglas, welches die Deutlichkeit der Wahrnehmung noch nicht beeinträchtigte. Dann muss sich das Auge einer Linse $^1/_{24}$ entledigen, da die dann ihm noch bleibende Linse $^1/_{24}$ plus der vor dem Auge *stehenden* $^1/_{24} = ^1/_{12}$ ist. Bei den eben erwähnten

Proben mit Concav- und Convexgläsern ist der Abstand derselben vom Augenknotenpunkte vernachlässigt.

Fig. 32.



In Fig. 30 sind die besprochenen Verhältnisse graphisch dargestellt. Die Gesichtslinien beider Augen convergiren nach einem 12″ entfernten Punkte. Auf der Linie *AB* ist, wie wir wissen, das Accommodationsgebiet aufgetragen und von ∞ bis 2″ in 12 gleiche Theile (jeder derselben = $^1/_{24}$ Linse) geschieden. Die ausgezogene Linie *de* zeigt uns die Grösse der Accommodationsbreite für die Convergenz von 12″. Es kann, wie wir sahen, hiebei eine Accommodationsschwankung von 24 bis 6″ ausgeführt werden, diese umfasst, wie direct aus der Zeichnung ersichtlich, 3 Accommodationsspatia, ist also gleich $^3/_{24} = ^1/_8$. Die Accommodationsbreite aber, welche den Augen bei einer bestimmten Convergenz zukommt, ist die relative Accommodationsbreite. Wir haben demnach den Werth derselben für eine Convergenz von 12″ jetzt beispielsweise kennen gelernt, und werden später sehen, in welcher Weise sie je nach der Convergenz variirt. Noch ist Folgendes anzuführen: Donders, dem wir die genauere Kenntniss der relativen Accommodationsbreiten, so wie so unendlich Vieles auf unserem Gebiete verdanken und nach welchem wir die relative Accommodationsbreite mit $\frac{1}{A_1}$ bezeichnen, macht auf die zwei Theile aufmerksam, aus denen $\frac{1}{A_1}$ zusammengesetzt ist. Der eine Theil liegt in unserer Zeichnung unter, der andere über dem Convergenzpunkte. Der erstere zeigt uns an, welche Accommodation dem Auge noch bei der gegebenen Convergenz zu Gebote steht, letzterer hingegen, um wie viel mit der Accommodationsanstrengung nachgelassen werden kann, der erstere ist der positive, letzterer der negative Theil der relativen Accommodationsbreite. In unserem Falle beträgt der positive Theil $^1/_{12}$, er ist doppelt so gross wie der negative $^1/_{24}$, die ganze relative Accommodationsbreite für die Convergenz von 12″

$$\frac{1}{A_1} = \frac{1}{8} = \overset{(+)}{\frac{1}{12}} + \overset{(-)}{\frac{1}{24}}.$$

Stellen wir zum Schlusse die Ausdrücke für die Accommodationsbreiten zur Uebersicht zusammen, so erhalten wir für die von uns berechnenen Fälle:

Absolute Accommodationsbreite: $\frac{1}{A} = \frac{1}{3\frac{3}{4}}$

Binoculäre „ : $\frac{1}{A_2} = \frac{1}{4}$

Relative (Convergenz von 12″): $\frac{1}{A_1} = \frac{1}{8}$

Wir schreiten nun zur Beantwortung der wichtigen Frage, in welcher rt und Weise wir die Accommodationsbreiten ganz allgemein bestimmen innen. Da gibt es zunächst, neue Begriffe und für diese geeignete Aus-ucksweisen in den Kreis unserer Betrachtungen zu ziehen. Wir sind sher von der Annahme ausgegangen, dass die Refraction der unter-ichten Augen eine normale sei, d. h. dass die Augen vermöge ihres aues parallele Strahlen auf der Netzhaut zur Vereinigung bringen. ach welchen zwei Richtungen hin das Auge in dieser Hinsicht abweichen inne, haben wir bei Gelegenheit der Begriffsbestimmung des Wortes: efractionsanomalie in der dritten Vorlesung [1]) bereits angedeutet und üssen darauf jetzt näher eingehen.

Ein Auge mit normaler Refraction besitze eine absolute Accom-odationsbreite $^1/_4$. Da die von jedem einzelnen Punkte eines unendlich nen Objectes ausgehenden Strahlen als parallel betrachtet werden nnen, so wird ein solches Auge in der unendlichen Entfernung und rmöge seiner Accommodationsbreite in allen endlichen Entfernungen s zu jener von 4″ deutlich sehen. Es wird ein solches Auge, wie wir hon früher einmal erwähnten, jenen Anforderungen entsprechen, die wir ein Auge billiger Weise zu stellen vermögen, es ist ein in Betreff iner Refraction normalgebautes, ein in richtigem Masse sehendes. ese letztere Eigenschaft hat Donders durch das allgemein accep-te Wort: emmetropisch (ἐν, μέτρον, ὤψ) characterisirt.

Jedes Auge, das nicht emmetropisch ist, wird nach Donders als ietropisch, als nicht in richtigem Masse sehend betrachtet, und da e eigentlichen Refractionsanomalien (chromatische und monochroma-che Aberration) mit dem Masse, mit der Raumstrecke, in welcher n Auge deutliche Wahrnehmungen empfängt, Nichts zu thun haben, besteht die Ametropie nur darin, dass parallele Strahlen entweder or oder hinter der Netzhaut zur Vereinigung kommen. In ersterem lle wird, wie wir sahen [2]), das Auge kurz-, im letzteren übersichtig.

[1]) Pag. 41.
[2]) Pag. 41.

Mit den beiden Arten der Ametropie haben wir uns jetzt insoweit zu beschäftigen, als es nöthig ist, ein vollkommen klares Bild von der Lehre der Accommodationsbreite zu erlangen.

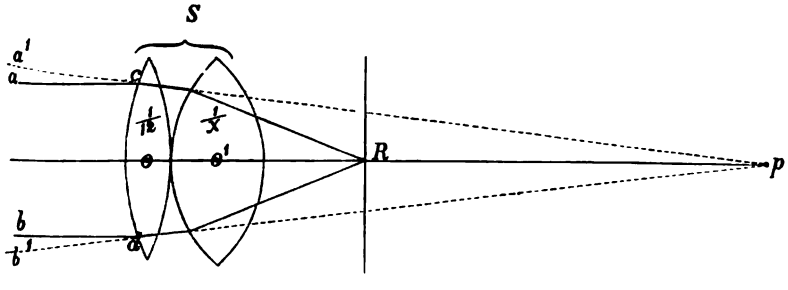
Bei Kurzsichtigkeit liegt der Fernpunkt des Auges in irgend einer endlichen Entfernung, er liege z. B. in einer solchen von 12″. Repräsentirt mir eine Convexlinse, durch deren Brennpunkt die Netzhaut geht, ein emmetropisches Auge und setze ich vor diese Linse eine zweite von 12″ Focaldistanz, so wird jetzt, wie wir dies bereits wissen [1]), ein 12″ davor gelegener Leuchtpunkt sein Bild auf der Netzhaut finden, da die von ihm ausgehenden Strahlen durch die Linse $^1/_{12}$ parallel gemacht werden. Wir können uns also eine Myopie mit einem Fernpunktsabstande von 12″ dadurch entstanden denken, das das dioptrische System des Auges vermöge seines Baues im Vergleiche mit dem emmetropischen Auge eine Linse $^1/_{12}$ zu viel hat. Wir können uns also die Myopie für unseren Zweck als eine Refractionsanomalie u. zwar als eine positive Refractionsanomalie darstellen, welche wir durch den Werth jener Linse ausdrücken, die vor das als eine ideale Linse gedachte dioptrische System des Auges gesetzt bewirkt, dass die aus dem Fernpunkte fahrenden Strahlen auf der Retina sich sammeln. Eine Myopie, bei welcher der Fernpunkt in 12″ liegt, müsste demnach bezeichnet werden als Refractionsanomalie: $+ {}^1/_{12}$. Statt des Pluszeichens, (das übrigens wie jedes derartige Pluszeichen auch weggelassen werden könnte), setzt man den Buchstaben M (Myopie), man schreibt also $M\frac{1}{12}$. (Consequenter wäre es, $\frac{1}{M}$ zu schreiben, wenn man die Accommodationsbreite mit $\frac{1}{A}$ bezeichnet).

Denken wir uns andererseits eine Linse $^1/_3$ und in ihrem Brennpunkte einen Schirm errichtet, wobei also Linse und Schirm in jenem richtigen Abstande sich befinden, in welchem dioptrisches System und Netzhaut im emmetropischen Auge stehen, so dass parallele Strahlen auf dem Schirme ihre Vereinigung finden, und trennen wir hierauf von der Linse $^1/_3$ eine Linse $^1/_{12}$ ab, die wir entfernen, dann ist der Werth der noch bleibenden Linse $^1/_4$, da $^1/_{12} + {}^1/_4 = {}^1/_3$. Parallele Strahlen werden jetzt nicht auf dem Schirme, sondern hinter demselben gesammelt. Das Wesen der Uebersichtigkeit, Hypermetropie, ist gleichfalls dadurch characterisirt, dass parallele Strahlen erst hinter der Netzhaut ihre Vereinigung finden. Wir können uns für unsere jetzigen Zwecke die Hypermetropie in ähnlicher Weise, wie die Myopie entstanden denken,

dadurch nämlich, dass jener Linse, die uns das System des Normal-Auges repräsentirt, irgend eine Linse fehlt. Die Hypermetropie kann demnach durch den Werth der fehlenden Linse ausgedrückt werden. Bezeichnet man die Myopie als eine positive Refractionsanomalie, so ist die Hypermetropie als eine negative Anomalie des Brechzustandes anzusehen. In dem Falle, als dem System des Normalauges z. B. eine Linse $^1/_{12}$ fehlt, wird man also von einer Refractionsanomalie: $-\,^1/_{12}$ zu sprechen haben. Statt der Negation schreibt man den Buchstaben H (Hypermetropie), $\left(\text{folgerichtiger wäre } \frac{1}{\text{H}}\right)$, demnach $\text{H}^1/_{12}$.

Wo liegt der Fernpunkt bei der Hypermetropie? Bei Emmetropie liegt er in der Unendlichkeit, bei Myopie an irgend einer Stelle vor dem Auge, es bleibt ihm also nichts Anderes übrig, als bei Hypermetropie hinter dem Auge seinen Platz einzunehmen. Dort befindet er sich auch, doch wie ist dies zu verstehen? *S* sei (Fig. 33) das dioptri-

Fig. 33.



sche System des emmetropischen Auges, *R* die Netzhaut. Die Linse, welche uns das System des Auges darstellt, denken wir uns zerlegt in 2 Linsen, von denen die eine $= {}^1/_{12}$, die andere von einer Brechkraft $^1/x$ ist, so dass die Linsensumme: $^1/_{12} + {}^1/x$ die parallelen Strahlen *ac* und *bd* in *R* vereinigt. Betrachten wir die Wirkung jeder dieser Linsen etwas genauer. Die Linse $^1/_{12}$, auf welche die Strahlen zunächst fallen, bewirkt, dass dieselben nach dem Linsenbrennpunkte, also nach einem 12″ hinter dem Linsencentrum *o* gelegenen Punkte *p* convergiren. Die so convergenten Strahlen fallen auf die Linse $^1/x$ und die Aufgabe dieser Linse muss es dann sein, die Strahlen noch stärker convergent zu machen, so dass sie in *R* sich sammeln, falls das Linsensystem die Aufgabe des emmetropischen Auges erfüllen soll. Nun nehmen wir dem Linsensysteme dieses emmetropischen Auges die Linse $^1/_{12}$ weg, dann haben wir das Auge in ein solches mit $\text{H}^1/_{12}$ verwandelt. Welche Strahlen wird dieses Auge, *dessen System jetzt* durch $^1/x$ allein dargestellt

wird, auf seiner Netzhaut einigen? Offenbar solche, welche die Richtung der Strahlen a^1cp und b^1dp haben, d. h. so convergent auffallen, dass sie sich, wenn $^1/x$ nicht da wäre, in p d. i. 12" hinter dem Centrum o^1 der Linse $^1/x$ (wir wollen den Abstand der Punkte o und o^1 vernachlässigen) durchkreuzen würden. Bei $H^1/_{12}$ liegt also der Leuchtpunkt, dessen Strahlen auf der Netzhaut zur Vereinigung kommen, gleichsam 12" hinter dem optischen Centrum des Auges, und sowie wir durch den Ausdruck $M^1/_{12}$ kennzeichnen, dass ein mit diesem Refractionszustande behaftetes Auge vermöge seiner Refraction nur Strahlen auf der Retina sammeln könne, die 12" vor dem optischen Augencentrum, von einem Punkte ausgehen, so besagt uns der Ausdruck $H^1/_{12}$, dass ein diesen Grad der Hypermetropie zeigendes Auge, falls es keine Accommodation besässe, nur mit solchen Strahlen deutlich sehen könnte, die so convergent auf dasselbe auffallen, dass sie sich, wenn das dioptrische System des Auges unwirksam wäre, 12" hinter dessen optischen Centrum einigen würden. Indem wir die Myopie und Hypermetropie durch Linsenwerthe ausdrücken, geben wir auch gleichzeitig die Lage des Fernpunktes bei diesen optischen Fehlern des Auges an.

Die Definition des Wesens der Myopie und Hypermetropie war nöthig, um die Lehre von der Accommodationsbreite von einem allgemeinen Gesichtspunkte aufzufassen. Es wäre nicht unbegreiflich, wenn der Bau des Auges auf den Bau und die Wirksamkeit des Accommodationsmuskels keinen unmittelbaren Einfluss nehmen würde. Es würde dann ein myopisches und hypermetropisches Auge die gleiche Accommodationsbreite, wie ein emmetropisches, darbieten können. Sehen wir, wie sich dieselbe im ametropischen Auge manifestirt. Wir haben früher für ein emmetropisches Auge eine absolute Accommodationbreite $^1/_4$ angenommen. Ein Auge mit $M^1/_{12}$ besitze dieselbe Accommodationsgrösse. Ein derartiges Auge hat zunächst vermöge seines Baues eine Linse $^1/_{12}$ mehr, als die ideale Linse des emmetropischen Auges. Zu dieser durch seine Refraction ihm zukommenden Linse kann es sich durch Accommodation noch eine Linse $^1/_4$ zulegen. Wenn es also seinen Accommodationsmuskel auf's Aeusserste spannt, hat es die Linsensumme: $^1/_{12} + {}^1/_4 = {}^1/_3$ mehr, als das emmetropische Auge. Würde ich die Accommodationsbreite in dem angeführten Falle nicht kennen, so könnte ich sie bestimmen, wenn ich in die letzte Gleichung für die bekannte Grösse $^1/_4$ eine unbekannte

$\frac{1}{A}$ einführe, dann ist: $^1/_{12} + \frac{1}{A} = {}^1/_3$ und $\frac{1}{A} = {}^1/_3 - {}^1/_{12}$.

Die Berechtigung dieser Gleichung liegt am Tage. Wenn ich von jener Linse (in unserem Falle $^1/_3$), welche das Auge in toto mehr hat, als das emmetropische und die ich allgemein als $\frac{1}{P}$ bezeichnen will, jene Linse: $\frac{1}{R}$ ($^1/_{12}$) wegnehme, welche es vermöge seiner Refraction zu viel hat, so bleibt mir jene Linse übrig, die es sich durch seine Accommodation zulegen kann, und dies ist eben die absolute Accommodationsbreite: $\frac{1}{A}$. Ich erhalte demnach für $\frac{1}{A}$ den für Myopie zunächst giltigen Ausdruck:

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}.$$

In welcher Weise können wir aber die Linsen $\frac{1}{P}$ und $\frac{1}{R}$ bestimmen? Ist $^1/_3$ jene Linsensumme, die uns $\frac{1}{P}$ repräsentirt, dann liegt der Nahepunkt des betreffenden Auges natürlicher Weise in 3", ist $\frac{1}{R} = {}^1/_{12}$, dann besteht M$^1/_{12}$, d. i. es liegt der Fernpunkt in 12". Die Werthe von $\frac{1}{P}$ und $\frac{1}{R}$ sind demnach gegeben, wenn die Lage des Nahe- und Fernpunktes, p und r, des betreffenden Auges bekannt sind, und die aufgestellte Formel lehrt uns daher zunächst für ein myopisches Auge: Man erhält den Ausdruck für die absolute Accommodationsbreite, wenn man vom reciproken Werthe des Nahepunktabstandes $\frac{1}{P}$ den des Fernpunktabstandes $\frac{1}{R}$ subtrahirt.

Es handelt sich jetzt darum, die für Myopie gewonnene Formel zu verallgemeinern, auch für Hyper- und Emmetropie deren Richtigkeit zu beweisen. Es besässe ein Auge Hypermetropie $^1/_{12}$ und wiederum eine Accommodationsbreite $^1/_4$. Wenn dasselbe seinen Accommodationsapparat bis zu einem gewissen Grade in Bewegung gesetzt hat, wird es sich durch Accommodation eine Linse $^1/_{12}$ zugelegt haben. In diesem Moment hat es seinen angebornen Linsendefect gedeckt, ist einem emmetropischen Auge gleichartig und sieht deutlich in die Unendlichkeit. Jene Linse, welche ihm noch zur weiteren Verfügung steht, ist (wenn $\frac{1}{A} = {}^1/_4$), $= {}^1/_4$

$- {}^1/_{12} = {}^1/_6$. Das Auge kann sich demnach, nachdem es seine Anomalie neutralisirt hat, noch weiter eine Linse $^1/_6$ zulegen, kann demnach noch in einer Distanz von 6" deutlich sehen. Es ist daher in diesem Falle $\frac{1}{A} = {}^1/_4 = {}^1/_6 + {}^1/_{12}$.

Denselben Ausdruck nun erhalten wir, wenn wir die Accommodationsbreite nach der allgemeinen Formel $\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$, wobei P den Nahe- und R den Fernpunktabstand bedeutet, bestimmen. Da das Auge zu jener Linsensumme, welche das emmetropische Auge repräsentirt, nur noch eine Linse $^1/_6$ fügen kann, so liegt sein Nahepunkt in 6", sein Fernpunkt ist, da $H^1/_{12}$ besteht, 12" hinter dem optischen Augencentrum, d. i. in — 12" gelegen, wenn wir die vor dem Auge befindlichen Abstände als positiv bezeichnen. Wir erhalten nach der oben angeführten Formel in unserem Falle $\frac{1}{A} = {}^1/_6 - (- {}^1/_{12}) = {}^1/_6 + {}^1/_{12} = {}^1/_4$ und haben demnach nach derselben die Accommodationsbreite richtig berechnet.

Das emmetropische Auge endlich können wir unter dem gleichen Gesichtspunkte betrachten. Es besitze ein solches wieder $\frac{1}{A} = {}^1/_4$. Wir erhalten die Accommodationsbreite, wenn wir von jener Linse, welche das Auge im Zustande der stärksten Accommodation mehr hat, als das emmetropische im Zustande der Ruhe, jene Linse wegnehmen, um die es vermöge seines Baues die Linse des emmetropischen Auges übertrifft. Wir erhalten, wenn wir diesen bei Betrachtung des myopischen Auges gewonnenen Satz etwas spitzfindig auf das emmetropische Auge selbst anwenden, in dem gegebenen Falle folgenden Ausdruck für die Accommodationsbreite. $^1/_4$ ist die Linse, welche das accommodirende Auge in toto mehr hat, als das ruhende emmetropische. Von dieser Linse $^1/_4$ müssen wir jene wegnehmen, welche es vermöge seines Baues zu viel hat. Das emmetropische Auge hat aber keine Linse zu viel, oder was das Gleiche ist, eine Linse von unendlicher Brennweite, deren Brechkraft $\frac{1}{\infty} = o$ ist. Demnach ist: $\frac{1}{A} = {}^1/_4 = {}^1/_4 - \frac{1}{\infty}$; bestimmen wir die Accommodationsbreite nach der Nahepunkt- und Fernpunkt-Formel, so erhalten wir, da $P = 4"$ und $R = \infty$, den nämlichen Ausdruck.

Wir können demnach die absolute Accommodationsbreite beim emmetropischen und ametropischen Auge nach der Formel $\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$ feststellen.

Bezeichnen wir den binoculären Nahepunktabstand mit P_2 und den binoculären Fernpunktabstand mit R_2, so erhalten wir in ganz analoger Weise für die binoculäre Accommodationsbreite:

$$\frac{1}{A_2} = \frac{1}{P_2} - \frac{1}{R_2}.$$

Ist endlich P_1 der Abstand des (relativen) Nahepunktes p_1, R_1 jener des (relativen) Fernpunktes r_1 für eine bestimmte Gesichtslinienconvergenz, dann ist die relative Accommodationsbreite:

$$\frac{1}{A_1} = \frac{1}{P_1} - \frac{1}{R_1}.$$

Bestimmen wir nach diesen Formeln die Werthe von $\frac{1}{A}$, $\frac{1}{A_2}$ und $\frac{1}{A_1}$ in den früher angenommenen Fällen, so erhalten wir:

$\frac{1}{A} = \frac{1}{3^3/_4} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{3^3/_4}$, da $P = 3^3/_4''$, $R = \infty$

$\frac{1}{A_2} = \frac{1}{4} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{4}$, da $P_2 = 4$, $R_2 = \infty$ (der Fernpunkt liegt nämlich in der Unendlichkeit, sowohl für den Fall, dass ein Emmetrop mit Einem als auch für den, dass er mit beiden Augen in die Ferne sieht.)

Die relative Accommodationsbreite anlangend, so liegt für die Convergenz von 12" p_1 in 6", r_1 in 24", daher: $\frac{1}{A_1} = {}^1/_6 - {}^1/_{24} = {}^1/_8$.

Wenn wir den positiven Theil von $\frac{1}{A_1}$, den wir mit $\frac{1}{a_1}$ bezeichnen wollen, allein in Betracht ziehen, so ist hierbei der Nahepunkt in 6", der Fernpunkt in 12", daher:

$$\frac{1}{a_1} = {}^1/_6 - {}^1/_{12} = {}^1/_{12}.$$

Für den negativen Theil, $\frac{1}{a_2}$, ist in 12" der Nahe-, in 24" der Fernpunkt, daher:

$$\frac{1}{a_2} = {}^1/_{12} - {}^1/_{24} = {}^1/_{24}.$$

Die nach den Formeln gewonnenen Resultate stimmen mit den früher auf andere Weise erzielten Werthen.

Sechste Vorlesung.

Brillenlehre.

Bestimmung des Fern- und Nahepunktes! Dies wäre eigentlich die Forderung, die an uns, meine Herren! jetzt herantreten sollte; ist dies doch das nächste Ziel der Bestrebungen bei den als Myopie und Hypermetropie bezeichneten sogenannten Refractionsanomalien. Mit der Ergründung des absoluten Fernpunktes ist uns ja die Refraction des Auges gegeben, und fügen wir die Kenntniss des absoluten Nahepunktes dazu, dann besitzen wir auch den Einblick in die Grösse jener Kraft, die die Refraction des Auges zu ändern vermag, durch die Kenntniss der absoluten Accommodationsbreite. Allein bis wir wirklich uns mit Erfolg an die Lösung dieser Aufgabe machen können, hat es noch seine guten Wege.

Mit Erfolg können wir das vorgesteckte Ziel erst dann erreichen, wenn wir zuvor eine Reihe von Fragen in Betreff der sphärischen Gläser und der Sehschärfe des Auges erörtert haben.

Ich will Sie in ersterer Hinsicht nicht mit der Thatsache überraschen, dass es unter den sphärischen Gläsern convexe und concave gibt, auch will ich mich nicht so stellen, als ob Sie noch nie gehört hätten, dass man unter den Convexgläsern planconvexe, biconvexe und concavconvexe und in analoger Weise unter den Concavgläsern planconcave, biconcave und convexconcave unterscheide: aber was ich beabsichtige, das ist über die physikalische Wirkung der Gläser und manches andere hierher Gehörige zu sprechen.

Wir betrachten die Wirkung der sphärischen Gläser insoferne, als wir dieselben mit dem dioptrischen System des Auges combiniren. Nur insoweit interessirt uns die Sache hier. Und da lässt sich denn der Effect sphärischer Gläser in sehr einfacher Weise definiren. Vor das Auge gesetzte Convexgläser vermehren begreiflicher Weise die Brechkraft des Auges und bewirken, richtig gewählt, dass Strahlen, die ohne Intervention des Glases, erst hinter der Netzhaut sich vereinigen würden, nunmehr auf der percipirenden Retinalschichte sich sammeln, während Concavgläser die Brechkraft des Auges verringern, (indem durch dieselben gleichsam dem dioptrischen System des Auges eine Convexlinse weggenommen wird), die Spitze des durch das Sammelsystem des Auges formirten Strahlenkegels hiedurch nach rückwärts rückt und bei einer bestimmten Zerstreuungsweite des Glases auf die

Netzhaut geworfen wird, falls ohne Glas-Anwendung der Vereinigungspunkt des in Rede stehenden Strahlenbündels vor der Netzhaut lag.

Man kann sich auch anders ausdrücken, und zwar am besten mit jenen Worten, mit welchen Kepler der Erste die Wirkungsweise der sphärischen Gläser richtig erklärte und die in seinen „Ad Vitellionem Paraliponem Cap. V. 4. in der berühmten Propositio XXVIII" enthalten sind. Sie lauten in deutscher Uebersetzung: „Man darf nicht die Objecte im Ganzen, sondern man muss vielmehr die einzelnen Punkte derselben in Betracht ziehen. Diejenigen nun, welche nur einen entfernten Punkt deutlich sehen können, werden, indem sie sich convexer Gläser bedienen, den Strahlenkegel eines nahegelegenen Punktes so abändern, als ob er von einem entfernten Punkte kommend in das Auge einträte. So wird der Gang des Strahlenkegels corrigirt, der ja auf der Netzhaut endigen soll. Würde nämlich sein Verlauf nicht durch Gläser verbessert, so würde es geschehen, dass derselbe wegen der Nähe des leuchtenden Punktes erst hinter der Netzhaut endigen und so von der Netzhaut geschnitten würde. Die den einzelnen leuchtenden Punkten angehörenden Strahlenkegel würden daher auf der Netzhaut eine gewisse Breite darbieten und dadurch sich gegenseitig decken und verwirren.

Andererseits werden Diejenigen, denen von Natur aus nur ein nahe gelegenes Object deutlich zu sehen vergönnt ist, durch den Gebrauch von Concavgläsern den Gang der von einem entfernten Punkte kommenden Strahlen so abändern, dass es den Anschein hat, als ob diese Strahlen von einem nahegelegenen Punkte ausfahren und von diesem in das Auge gelangen würden.

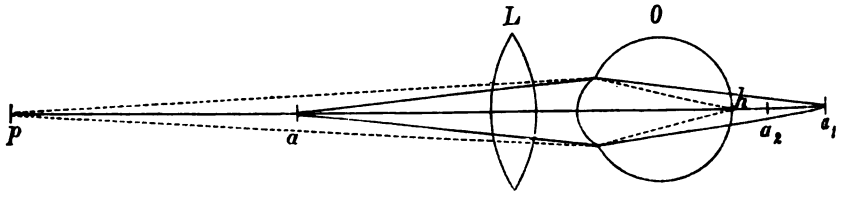
Wenn derartige Individuen keine Gläser in Anwendung ziehen, dann wird der Strahlenkegel des entfernten Punktes, noch ehe er die Netzhaut erreicht, endigen, hierauf, indem seine Strahlen weiter schreiten, sich wieder verbreiten und auf diese Weise mit einem gewissen Durchmesser auf die Netzhaut fallen. Die Folge hiervon wird sein, dass die einzelnen Kegel auf der Netzhaut sich gegenseitig stören und vermischen."

Durch einige Zeichnungen können wir uns die Wirkungsweise sphärischer Gläser noch deutlicher machen.

Das Auge O (Fig. 34) kann vom Punkte a kein deutliches Bild auf der Netzhaut entwerfen, weil sein dioptrisches System für diesen Zweck zu schwach brechend ist, das Bild des Punktes a liegt hinter der Netzhaut in a_1. Ich bringe vor das Auge eine Convexlinse L, ihre Brechkraft summirt sich mit jener des Auges; es ist klar, dass sofort das Bild von a gegen die Netzhaut etwa nach a_2 rücken und bei einer bestimmten Brechkraft *von L endlich auf die* Netzhaut nach h fallen wird.

Der früher undeutlich, weil in einem Zerstreuungskreise gesehene Punkt erscheint mit Hilfe des Convexglases nun scharf und deutlich. Oder

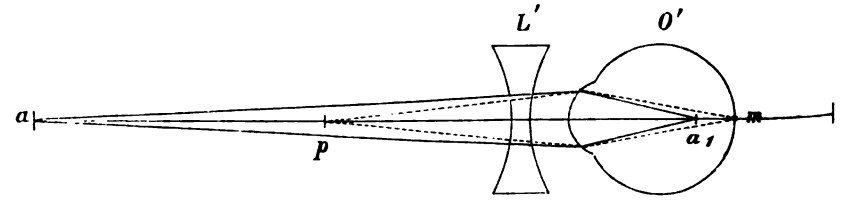
Fig. 34.



nach Kepler: Wenn gleich das Auge O vom Punkte a kein deutliches Bild entwerfen kann, so wird es doch in jedem Falle die Strahlen irgend eines weiter entfernten (in positiver Endlichkeit oder Unendlichkeit oder in negativer Endlichkeit) gelegenen Punktes auf seiner Netzhaut sammeln können. Der nächste Punkt z. B. von dem das Auge ein deutliches Bild entwerfen kann, wäre p. Der Punkt a wird dann auch deutlich gesehen werden, wenn die von ihm ausgehenden Strahlen eine solche Richtung erlangen, als ob sie von p herkämen. Dies kann durch eine Convexlinse geschehen. Sie sammelt die von a kommenden Strahlen, d. h. die letzteren sind nach ihrem Austritte aus der Linse weniger divergent; bei einer bestimmten Stärke der Convexlinse, werden die Strahlen nach ihrem Durchgange durch die Linse Richtungen annehmen, welche nach rückwärts verlängert sich in p durchschneiden. Die von a kommenden Strahlen, welche nunmehr die Richtung der von p ausfahrenden darbieten, werden demnach auf der Netzhaut sich sammeln, a wird mittelst L deutlich gesehen.

Ist dagegen (Fig. 35) O' ein Auge welches die von a kommenden Strahlen nicht auf der Netzhaut zu vereinigen vermag, in welchem

Fig. 35.



dieselben vielmehr schon vor der Netzhaut in a_1 sich durchkreuzen, dann wird es, um deren Vereinigung in m zu erzielen, nothwendig sein,

das dioptrische System des Auges zu schwächen. So wie wir jetzt eine Concavlinse L' vor das Auge bringen, wird eine entsprechende Sammellinse dem dioptrischen System des Auges entzogen, dasselbe wird schwächer brechend, der Vereinigungspunkt der von a kommenden Strahlen rückt zurück, und fällt bei einer bestimmten Zerstreungsweite von L' nach m. Oder nach Kepler: Kann auch das Auge O' nicht die a-Strahlen in m vereinigen, so wird doch, indem ich den Leuchtpunkt dem Auge nähere, dessen Bild nach rückwärts gegen die Netzhaut rücken, und endlich bei einem bestimmten Abstande, etwa wenn a nach p gerückt ist, nach m fallen. Wenn es gelingt, den von a kommenden Strahlen eine solche Richtung zu geben, als ob sie von p herkämen, dann wird auch a deutlich erscheinen. Concavgläser zerstreuen das Licht, d. h. sie verringern die Convergenz auffallender Strahlen. Bei einer gewissen Brennweite der Linse L' werden die a-Strahlen nach ihrem Durchtritte durch die Linse Richtungen nehmen, welche nach rückwärts verlängert sich in p treffen.

Die a Strahlen haben jetzt die Richtung der p Strahlen, mithin wird das Bild von a jetzt nach m fallen, a wird mit Hilfe eines Concavglases deutlich gesehen.

Wenn wir mit sphärischen Gläsern hantiren, ist natürlich das erste Postulat, dass wir wissen, welches die Stärke, die Brechkraft, und da diese durch den reciproken Werth der Brennweite ausgedrückt wird, welches die Brennweite der Gläser sei. Dass die Entfernung jenes Punktes, in welchem parallel auf eine Convexlinse auffallende Strahlen hinter der Linse sich sammeln, vom optischen Mittelpunkte der Linse die Brennweite der letzteren sei und als positiv betrachtet wird, brauche ich Ihnen, meine Herren, kaum in Erinnerung zu bringen. Die Brennweite concaver Gläser ist eine negative, der nicht reelle, sondern virtuelle mit den einfallenden Strahlen auf derselben Linsenseite gelegene Brennpunkt ist jener, in welchem die Richtungen, welche parallel auf die Linse aufgefallene Strahlen nach ihrem Durchgange durch die letztere einschlagen, nach rückwärts verlängert sich kreuzen. Werden z. B. parallele Strahlen durch eine Concavlinse so divergent gemacht, dass diese nun divergenten Strahlen, nach rückwärts verlängert, sich in einem Punkte durchschneiden, der 7″ vor dem optischen Linsencentrum liegt, dann sagt man, diese Concavlinse habe eine Brennweite oder Zerstreuungsweite von 7″ oder diese Linse habe eine negative Brennweite von 7″.

Welche Brennweite legt man jenen Gläsern zu Grunde, welche man als sogenannte *Probebrillen bei* der Correction der optischen

Fehler des Auges verwendet? Die Antwort lautet: In der Regel jene, welche auf den Gläsern notirt ist. Ich hebe, meine Herren, ein Convexglas aus dem Brillenkasten, es trägt die Nummer 4. Dass dies ein Glas von 4 Zoll B. W. sei, nimmt man an, sowie man der Ziffer 4 auf demselben ansichtig wird. Die erste Anfrage aber, die man sich erlauben muss, ist: Nach welchem Zollmass ist die Brennweite gemessen? Denn es gibt einen Wiener, Pariser und englischen, es gibt einen preussischen Zoll und ausser diesem in Deutschland mehr als ein Dutzend andere verschiedene Zollmasse, die allerdings durch Deutschlands Einigung allmählig verschwinden werden.

Die Gläser werden in der That nach den verschiedensten Zollmassen geschliffen. Betrachten wir die wichtigeren der letzteren. Es ist 1 Wiener Zoll = 0·973 Pariser = 1·007 preuss. = 1·037 engl. Zoll.

Dieses Convexglas $^1/_4$, dessen Ziffer Wiener Zoll bedeuten, ist gleich

$$\frac{1}{3{\cdot}9} \text{ (Paris. Mass)} = \frac{1}{4{\cdot}03} \text{ (preuss. Mass)} = \frac{1}{4{\cdot}15} \text{ englisch.}$$

Sie sehen, meine Herren, dass diese Masse nur wenig unter einander differiren, dass man die Differenzen bei Gläsern grosser Brennweite fast gänzlich vernachlässigen kann, und dass sie selbst bei starken Gläsern nicht nennenswerth ausfallen. Nur mögen Sie sich im Gedächtnisse behalten, dass da der Pariser Zoll der grösste, die nach Pariser Mass numerirten Gläser die schwächsten sind, die Gläser mit Wiener, preussischem und englischem Masse sich der Reihe nach anschliessen. Jedoch dass vom scrupulös wissenschaftlichen, wenn auch nicht vom praktischen Standpunkte aus eine gewisse Ungenauigkeit durch diese verschiedenen Masseinheiten in den ganzen Gegenstand, den wir behandeln, sich einschleicht, indem die von verschiedenen Autoren gemachten numerischen Angaben nicht direct vergleichbar sind, falls das Mass, welchem die Ziffern angehören, nicht ersichtlich; indem ferner die nach einem bestimmten Masse ausgesuchten Brillen nicht genau nach Vorschrift ausfallen werden, falls — caeteris paribus — der Optiker nach anderem Masse geschliffene Gläser verabreicht, lässt sich nicht läugnen. Daraus folgt, dass um allzu ängstliche Gemüther zu beruhigen, das erste pium desiderium in Betreff unserer Brillengläser wäre: Es mögen dieselben sämmtlich nach demselben Längenmasse geschliffen werden. Ob hiefür, wie Donders wünscht, der Pariser, oder aber der Wiener oder der preussische oder englische Zoll oder endlich das Metermass gewählt wird, ist ziemlich gleichgiltig. Auf diesen letzteren Punkt müssen wir später noch einmal zurückkommen, jetzt gehen wir *zu weiterer Fragestellung* über.

Ist die Brennweite des Glases Convex 4 factisch zuerst vom Brillenschleifer oder Optiker gemessen worden, ehe man dem Glase die Nummer 4 einritzte? Die Antwort lautet: Nein. Es wird vielmehr in folgender Weise verfahren.

Ist F die Brennweite eines Convexglases, so wird dieselbe gefunden durch folgenden Ausdruck:

$$\frac{1}{F} = (n-1)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right)$$

in welcher Gleichung n den Brechungsexponenten des Glases, aus dem die Linse gefertigt ist, R und r die Krümmungshalbmesser der beiden Linsenflächen bedeuten.

Für eine Biconvexlinse, deren beide Flächen mit demselben Radius $R = r$ geschliffen sind, wird $\frac{1}{F} = (n-1).\frac{2}{R}$ und ist der Brechungsexponent des verwendeten Glases $n = 1^1/_2$, dann ist $\frac{1}{F} = \frac{1}{2}.\frac{2}{R} = \frac{1}{R}$ und $F = R$, d. h. dieselbe Zahl, welche mir den Krümmungshalbmesser ausdrückt, gibt mir auch die Brennweite des Glases an. Da nun die Probebrillen biconvex, resp. biconcav, da ferner die Krümmungsradien beider Flächen gleich sind, so wäre es sehr richtig, wenn, wie es factisch geschieht, dem Glase der Werth des Radius als Brennweite eingeritzt würde, — falls nur der Brechungsexponent des Materiales wirklich $1^1/_2$ wäre. Er ist aber in der Regel grösser. Darauf hat Burow vor einigen Jahren (1865) schon hingewiesen. Der Brechungsexponent beträgt oft (statt 1·5) 1·53—1·54, im Mittel nach Burow 1·525, bisweilen selbst 1·56. So schreibt z. B. Gerold in seiner ophthalmologischen Physik, er besitze eine mit 4 signirte Convexlinse, deren Materiale einen Index 1·563 aufweist. Nehmen wir an, meine Herren, auch diese Linse 4, die ich in der Hand halte, wäre aus solchem Materiale gefertigt, dann wäre, obwohl der Krümmungshalbmesser ihrer Flächen 4″ ist, ihre Brennweite doch nicht 4, sondern es ergibt sich, da $\frac{1}{F} = (1{\cdot}563-1)\frac{2}{4} = \frac{0{\cdot}563}{2}$, der Werth von $F = \frac{2}{0{\cdot}563} = 3{\cdot}55$. Die Linse hätte dann also statt einer Brechkraft $^1/_4$ eine solche von $\frac{1}{3{\cdot}55}$, und es käme, da $\frac{1}{3{\cdot}55} - \frac{1}{4} = \frac{1}{31{\cdot}55}$, der Fehler einer Linse von $31^1/_2$″ B. W. gleich. Nun, aus so stark brechendem Glase sind die Brillen nur äusserst selten gefertigt und so bedeutend fällt also die Differenz auch bei *starken Gläsern, wie* Convex 4, selten aus, allein das

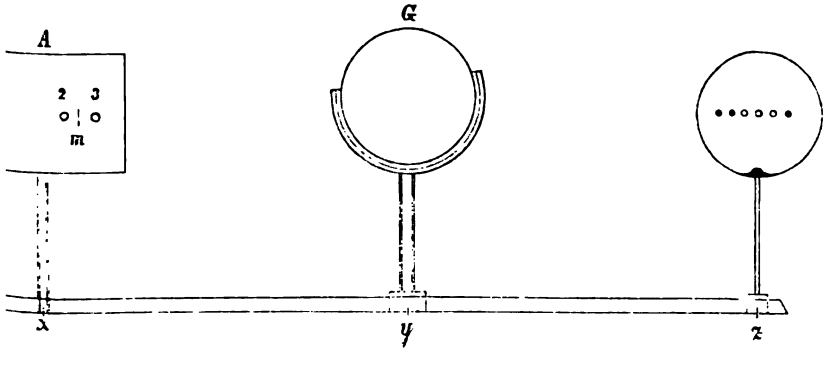
geht aus dem Gesagten hervor, dass die verwendeten Probebrillen durchgehends stärker sind, als die ihnen eingeritzte Nummer anzeigt. Es ist deshalb gut und löblich, wenn der Augenarzt den Nummern seiner Probebrillen nicht traut, und die Brennweite derselben sich selbst bestimmt — auf eine Art und Weise, die wir gleich kennen lernen werden — allein er muss die gewonnenen Resultate schön für sich behalten, und ja nicht zu Nutzen und Frommen seiner Clienten mit seinen wissenschaftlichen Errungenschaften herausrücken wollen. Er könnte wahrlich keinen grösseren Fehler begehen. Nehmen wir an, meine Herren, wir hätten eruirt, dass ein am grauen Staar Operirter mit diesem Convexglase $^1/_6$ am deutlichsten in die Ferne sieht, so werden wir zwar wissen, dass es eine Linse von $3^3/_6$" B. W. ist, welche seine Aphakie corrigirt, allein wir werden davon keinen weiteren Gebrauch machen, ihm vielmehr eine Brille $^1/_6$ präscribiren, weil ja nach dem Vorausgeschickten ein Glas von $3^3/_6$" B. W., wie es die Optiker verkaufen, einem stärkeren Glase entspricht und das Glas $^1/_6$ der Optiker ungefähr einem solchen von $3^3/_6$" B. W. gleich kommen dürfte. Da aber die Brechungsindices der verschiedenen Glassorten, aus denen Brillen gefertigt werden, verschieden sind, so wird die Brille nur selten und, wir möchten sagen, nur zufällig genau nach Vorschrift geliefert werden. Den zweiten Wunsch in Betreff der Brillengläser müssen wir demnach so formuliren: Es möge dahin gewirkt werden, dass das zur Brillenfabrikation gewählte Glas stets den gleichen Brechungsindex hat. Ist dieser bekannt, dann hat die unrichtige Nummerirung des Glases nichts auf sich. Dieser Wunsch ist wohl so ziemlich unerfüllbar, es hat aber auch diese Sache eine sehr geringe praktische Bedeutung. Gerade bei starken Gläsern, wo der Fehler am grössten ist, kann er, wie wir sehen werden, durch eine geringe Verschiebung des Glases vor dem Auge corrigirt werden.

Wir sagten, dass es unsere Sache sei, die Brennweite unserer Probebrillen festzustellen, wenn wir gleich bei der praktischen Verwerthung dieses Wissens vorsichtig zu Werke gehen müssen. Wie kann dies geschehen? Es werden in dieser Beziehung für Convex- und Concavgläser verschiedene Methoden angegeben. Um die Brennweite eines Sammelglases zu bestimmen, entwirft man das umgekehrte Bild eines entfernten Objectes auf einem Schirme. Kann man die Sonne benützen, dann dient sie am besten dem Zwecke; sonst nimmt man das Bild einer Kerzenflamme (im dunklen Zimmer), jedoch muss diese gegen 20' von der Linse abstehen. Man schiebt die Linse so lange vom und gegen den Schirm, bis das Bild der Sonne oder der entfernten Kerzenflamme am schärfsten hervortritt, dann misst man den Abstand des

ildes von dem Mittelpunkte der Linse (für dessen Lage der Linsenrand assgebend sein kann) mit einem Zollstab und die Bestimmung ist rtig. Bemerkt muss hierbei werden, dass für ganz schwache Convexäser bei der Bestimmung der Brennweite im Tageslichte, wenn nicht ie Sonne als Object dient, wegen der Grösse und Lichtschwäche der ilder Schwierigkeiten entstehen, dass hierfür die Benützung einer ntfernten Kerzenflamme' im dunklen Raume vorzuziehen und, will diese nze Bestimmung Anspruch auf Genauigkeit haben, es nothwendig ist, ss der Schirm am Ende eines genau getheilten, etwa mit Nonius verhenen Massstabes angebracht sei, auf welchem eine Brillenfassung ür die Aufnahme der zu prüfenden Gläser bestimmt) verschoben werden nn. Der Werth für die Brennweite ist dann direct am Massstabe ablesen. Der Umstand, dass, wie wir gelegentlich sehen werden, bei den oncav-Convexgläsern der optische Mittelpunkt der Linse ausserhalb r Linse liegt, bewirkt, dass besagte Bestimmungsweise für Biconvexäser, die übrigens immer die Probebrillen in dem Brillenkasten darstellen, nauer ausfällt, als für die Menisken, doch ein irgend nennenswerther nterschied könnte nur bei sehr starken Gläsern, welche aber wiederum cht in Meniskenform im Brauche sind, sich ergeben.

Donders, welchem genannte Methode zu ungenau dünkte, hat it Hilfe einer sehr feinen Untersuchungsart die Gläser seines Brillenstens auf ihre Focaldistanz geprüft — mit Hilfe des Ophthalmometers mlich. Hinter der dünnen schwarzen Metallplatte *A* (Fig. 36), welche

Fig. 36.



rei Löcher, deren Mittelpunkte in einer horizontalen Linie liegen, nthält, steht eine Lampe. Der Abstand der Mitte des leuchtenden ches 1 von dem Mittelpunkte *m* der die beiden Löcher 2 und 3 verindenden Linie *ist das mit dem Ophthalmometer* zu messende Object.

es wird gemessen, indem man den Lichtpunkt 1 genau in die Mitte zwischen 2 und 3 stellt. Man begnügt sich diese Operation zu vollführen. Es gehört nicht zur Sache, die Anzahl Grade, um welche die Platten gedreht werden, am Instrumente abzulesen und daraus die wirkliche Grösse von *1m* zu bestimmen. Die Platte *A* befindet sich an dem einen Ende eines genau getheilten Massstabes, auf welchem ein für die Aufnahme des zu prüfenden Biconvexglases bestimmtes Gestell *G*, sowie ein Ring *R* verschiebbar angebracht ist. Die Mitte der Ringe *R* und *G*, sowie die Mitte des Objectes *1m* liegen in derselben Linie. Hat man die Ophthalmometerplatten so gestellt, dass 1 in der Mitte zwischen 2 und 3 steht, dann schiebt man das zu untersuchende Convexglas in das Gestell *G*, und entfernt dasselbe so weit von *A*, dass die Distanz beiläufig der doppelten Brennweite der Linse gleichkommt. Trägt z. B. die zu prüfende Linse die Ziffer 2 oder hat man sich durch die erst erwähnte Probe überzeugt, dass es sich um eine Linse von ungefähr 2″ B. W. handelt, dann macht man die Distanz *xy* gleich 4 Zoll, und schiebt auch den Ring *R* soweit von *G* ab, dass $yz = xy$ wird, in unserem Falle also wieder um 4 Zoll. Nun schiebt man das Ocular des Fernrohres so lange ein, bis der Ring *R* vollkommen deutlich erscheint. Innerhalb desselben gibt sich das Bild zu erkennen, welche die Linse von den Leuchtpunkten 1, 2, 3 entwirft. Dieses Bild wird genau so gross wie das Object sein, wenn *xy*, also auch *yz* genau der doppelten Brennweite des Glases entspricht. Da wir die Stellung der Ophthalmometerplatten nicht geändert haben, dieselben vielmehr in jener Lage sich finden, die zur Verschiebung des Objectes *1m* um seine eigene Grösse nöthig war, so wird, falls das Linsenbild dieselbe Grösse wie das Object hat, dasselbe gleichfalls genau um seine eigene Grösse verschoben erscheinen, d. h. es wird wieder der eine Lichtpunkt genau in der Mitte zwischen den beiden anderen stehen.

Wenn 1 noch ausserhalb der Leuchtpunkte steht, oder mit 2 zusammenfällt, oder zwar zwischen 2 und 3, aber näher an 2, als an 3 sich findet, dann ist das dioptrische Bild grösser, als das Object, *xy* kleiner als die doppelte Brennweite, dann muss *G* so lange gegen *R* hingeschoben werden, bis 1 genau in der Mitte zwischen 2 und 3 erscheint. Umgekehrt: Stünde 1 näher an 3 als an 2, fiele es mit 3 zusammen oder gar über 3 hinaus, dann wäre das durch die Linse entworfene Bild kleiner, als der Gegenstand, *xy* wäre grösser als die doppelte Brennweite, *G* müsste gegen *A* hingerückt werden, bis wiederum 1 in der Mitte zwischen 2 und 3 steht. Sowie dies erreicht ist, liest *man die* Distanz *xy*, für deren genaue Bestimmung am Fusse des Gestelles

G bei y ein Nonius angebracht ist, am Zollstab und Nonius ab und der Werth für die doppelte und somit auch für die einfache Brennweite der Biconvexlinse ist gefunden, weil nur dann, wenn das Object um die doppelte Brennweite von der Linse absteht, das Bild, das, jetzt gleichfalls um zwei Brennweiten entfernt, hinter der Linse liegt, dem Objecte an Grösse gleichkommt.

Die genannte Methode hat ausser ihrer Genauigkeit noch das Angenehme, dass man leicht den Brechungsindex des Glases, aus welchem die Linsen gefertigt sind, gleichzeitig bestimmen kann. Man bestimmt nämlich noch die Krümmung der beiden Linsenflächen mit Hilfe des Ophthalmometers genau nach demselben Principe, nach welchem die Krümmung der Hornhaut eruirt wird. Ist R und r, sowie F bekannt, dann findet man n, indem man sich der Gleichung: $\frac{1}{F} = (n-1)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right)$ erinnert. Ist $R = r$, dann ist $n = \frac{R}{2F} + 1$, sind R und r differente Grössen, dann ist $n = \frac{Rr}{(R+r)F} + 1$.

Auf die von Donders angegebene Weise, oder wenn auch etwas weniger genau nach der gewöhnlichen, zuerst erwähnten Methode, lassen sich die Brennweiten der im Brillenkasten enthaltenen Convexgläser richtig stellen. Diese letzteren sind dann als Normalgläser zu betrachten.

Bei der tagtäglich an den Augenarzt herantretenden Forderung die Brennweite der Brillen, welche von den sich Rath holenden Individuen getragen werden, zu ergründen, kann derselbe begreiflicher Weise nicht mit dem Ophthalmometer heranrücken. Um ein vollkommen genaues Resultat handelt es sich dabei auch nicht. Man kann auf dreierlei Weise verfahren. Erstens durch Vergleichung der Brille mit den Normalgläsern. Donders nimmt als Probeobject zwei feine Parallellinien auf einem Blatt Papier. Er hält das zu prüfende Glas etwa einen Fuss vom Auge und in irgend einem Abstande von den Linien, in welchen dieselben deutlich erscheinen. Es ergibt sich dabei eine bestimmte Vergrösserung. Eines der dicht neben das zu prüfende Glas gestellten Normalgläser wird nach freiem Augenmasse die gleiche Vergrösserung zeigen. Die bekannte Brennweite dieses Glases ist auch jene des zu prüfenden.

Zweitens: Man hält die Brille gegen eine dem Fenster (welches allerdings nicht zu nahe befindlich sein darf) gegenüber liegende Wand oder Thüre und misst den Abstand des scharf sich ausprägenden Bildes des Fensterkreuzes *von der Linse* — *das Experiment* im Rohen, welches

feiner ausgeführt, wie wir sahen, zur genauen Bestimmung der Brennweite dienen kann.

Drittens: Man hält das Convexglas vor das eigene Auge und beurtheilt aus der durch dasselbe gesetzten Störung des Sehvermögens die Brennweite; dass hierzu Uebung gehört, ist klar. Ist der Untersucher z. B. emmetropisch, dann wird er durch Uebung dahin gelangen, zu erfahren, in welchem Grade das ihn kurzsichtig machende Convexglas je nach seiner Stärke die Sehschärfe für die Ferne herabsetzt. Doch da wir von der Bestimmung der Sehschärfe bisher nicht gehandelt, wollen wir auf diesen Punkt erst später bei Gelegenheit wieder einmal zurückkommen.

Um die Brennweite von Concavgläsern kennen zu lernen, hält man dieselben gegen Normalconvexgläser und bestimmt jenes Convexglas, welches die Wirkung des Concavglases vollständig paralysirt. Dies ist allerdings leichter gesagt als ausgeführt — wenn es sich um sehr genaue Bestimmungen handelt. Am besten macht es z. B. der Emmetrope noch so, dass er das Concavglas zunächst mit einem jedenfalls zu starken Convexglase combinirt, und durch diese Gläser-Combination in die Ferne blickend seine Kurzsichtigkeit und gleichzeitig die Herabsetzung seiner Sehschärfe constatirt. Nun wird der Reihe nach zu den schwächeren Convexgläsern geschritten und bei jenem Halt gemacht, welches zum Concavglase gefügt die Sehschärfe wieder zur normalen Höhe hebt. Die Probebuchstaben erscheinen zwar, weil an den Gläseroberflächen vielfache Lichtreflexionen stattfinden, etwas matt, grau, aber doch werden sie vollkommen als solche wie mit freiem Auge erkannt. Die Brennweite des jetzt vor dem Auge stehenden Convexglases ist auch die des ihm beigesellten Concavglases.

Eine andere Methode, welcher man viel Feinheit nachrühmt, ist folgende: Man fügt zum Hohlglase unbekannter Zerstreuungsweite eine Convexlinse von ungefähr gleicher Brennweite. Man sieht durch diese Conbination nach einem nahegelegenen Gegenstand. Bewegt man jetzt die Doppellinse, so wird, wenn derselben eine Sammelwirkung zukommt, das Object sich in entgegengesetzter, dagegen wird es sich in gleicher Richtung verschieben, wenn die Combination als Zerstreuungsglas wirksam ist. Das Object wird endlich, wenn die Doppellinse keine dioptrische Wirkung ausübt, gar nicht vom Platze weichen.

Dies letztere zu erreichen ist der Zweck der in Rede stehenden Methode, das neutralisirende Convexglas und folglich die gesuchte Brennweite des Concavglases ist damit aufgefunden. Am besten wählt man bei diesem Versuche eine gerade Linie zum Objecte. Hält man ein *Convexglas* in einiger Entfernung (bei nicht zu starken Gläsern

etwa in einer solchen von 3″) vor die Linie, wobei das Auge 9—12″ von der Linse absteht, und macht man nun eine Bewegung mit der Linse z. B. in der Richtung nach rechts, dann erscheint die Linie zerschnitten, das von der Linse gedeckte Stück ist (in Folge der prismatischen Wirkung des seitlichen Linsentheils) nach der entgegengesetzten Seite nach links herausgetreten. Nimmt man statt des convexen ein Concavglas, dann rückt das vom Glase gedeckte Stück der Linie mit dem Glase nach derselben Seite, weil die prismatische Wirkung jetzt eine der früheren entgegengesetzte ist.

Hierdurch ist man in der Lage sehr feine Verschiebungen des Objectes nachzuweisen; aber trotzdem erhält man durch diese Methode keine genauen Resultate, weil ein Glas $\pm$ $^1/_{30}$ keine, und selbst ein solches $\pm$ $^1/_{20}$ nur eine kaum merkbare Verschiebung zu erzeugen im Stande ist, man also Refractions-Differenzen $^1/_{30}$ und sogar noch grössere nach dieser Methode nicht auffinden kann, ein Uebelstand, welcher der ersteren Untersuchungsart, wenn sie in der oben beschriebenen Weise ausgeübt wird, nicht zukommt.

Dagegen kann man durch Combination der Concavlinse mit einer stärkeren Normal-Convexlinse eine Doppellinse, die als Sammelglas wirkt, herstellen, die Brennweite dieser Combination bestimmen und aus dem gefundenen, sowie aus dem bekannten Werthe der Focaldistanz der Normal-Convexlinse die Zerstreuungsweite des Concavglases leicht berechnen. Combinirt man z. B. die Linse $-\frac{1}{x}$ mit $+$ $^1/_2$ und zeigt die Doppellinse eine Focaldistanz von 3″, dann ist $^1/_2 - \frac{1}{x} = {}^1/_3$ und folglich $\frac{1}{x} = {}^1/_6$. Die Brennweite der Concavlinse beträgt 6″. Die Methode ist, wenn die Linsen dicht an einander liegen, nur höchst unbedeutenden Fehlern unterworfen und man kann sich auf diese Weise, indem man die Brennweite der jeweiligen Combination auf ophthalmometrischem Wege und natürlich mit Zuhilfenahme gemessener Normalconvexgläser bestimmt, eine Reihe normaler Concavgläser sehr genau herstellen.

Endlich kann man die Zerstreuungsweite von Concavgläsern noch aus der durch sie gesetzten Verkleinerung der Objecte erschliessen wollen — falls man mit Hilfe der ersten oder dritten Methode bestimmte Normalconcavgläser zum Vergleiche hat. Man verfährt hierbei in gleicher Weise, wie bei der Beurtheilung von Convexgläsern nach der durch sie gesetzten Vergrösserung. Doch ist ein solches Verfahren ziemlich mühselig und bei *schwachen* Concavgläsern, deren verkleinernde *Wirkung kaum merklich differirt*, auch ungenau.

Bei der an den Augenarzt täglich herantretenden Aufgabe, die Zerstreuungsweite vorgewiesener Concavgläser zu bestimmen, bedient er sich am besten der erst genannten Methode.

Siebente Vorlesung.

Die Reihenfolge der Brillenbrennweiten.

Noch sind wir, meine Herren! mit der Besprechung der für unsere Probebrillen wichtigen Verhältnisse nicht zu Ende. Noch harrt Eine Frage und gerade die beachtungswürdigste ihrer Erledigung.

Gesetzt nämlich, es wäre das gleiche Zollmass, sowie der gleiche Brechungsindex allen Gläsern eigen, oder wir hätten die Brennweite der Gläser unseres Brillenkastens genau bestimmt, so fragt es sich, nach welchem Principe sollen die Gläser unseres Probebestecks geordnet, mit welcher Brennweite ausgestatte Linsen sollen in demselben enthalten sein.

Betrachten Sie, meine Herren, den Inhalt des vor Ihnen stehenden Brillenkastens, was seine sphärischen Gläser betrifft. Es finden sich da von Convex- und Concavgläsern je 33 Paare. Die Brennweiten der Gläser, in Wiener Zollen ausgedrückt, sind folgende:

80		8	
60	240	$7\frac{1}{2}$	120
50	300	7	105
40	200	$6\frac{1}{2}$	91
36	360	6	78
30	180	$5\frac{1}{2}$	66
24	120	5	55
20	120	$4\frac{1}{2}$	45
18	180	4	36
16	144	$3\frac{3}{4}$	60
14	112	$3\frac{1}{2}$	$52\frac{1}{2}$
13	182	$3\frac{1}{4}$	$45\frac{1}{2}$
12	156	3	39
11	132	$2\frac{3}{4}$	33
10	110	$2\frac{1}{2}$	$27\frac{1}{2}$
9	90	$2\frac{1}{4}$	$22\frac{1}{2}$
8	72	2	18

ei die zwischen je zwei derselben zur Seite stehende Ziffer die ractionsdifferenz bezeichnet. Nur in Ausnahmsfällen kommen noch Gläser $4^1/_4$ und $4^3/_4$ in Gebrauch.

Liegt dieser Reihenfolge von Brillen ein wissenschaftliches Princip Grunde? Es kann diese Frage nur dahin verstanden sein, ob die erenz der optischen Werthe zwischen je zwei unmittelbar auf nder folgenden Gläsern die gleiche ist, oder ob sie etwa in einer timmten Progression nach den Enden der Reihe zu- oder abnimmt? Antwort lautet, dass weder das eine, noch das andere stattfindet, wissenschaftliches Princip ist in der genannten Brillenreihe nicht zu lecken. Es ist leicht, dies zu erweisen. Betrachten wir nämlich serpaare, die wir an verschiedenen Punkten der Reihe herausheben, ächst etwa an dem einen Ende der Scala die Nummern 60 und 50, dem andern die Nummern $2^1/_4$ und 2. Die optische Differenz der genannten Gläser beträgt $\frac{1}{300}$, da $\frac{1}{50} - \frac{1}{60} = \frac{1}{300}$, während jene der tgenannten $= \frac{1}{2} - \frac{1}{2\frac{1}{4}} = \frac{1}{2} - \frac{4}{9} = \frac{1}{18}$ ist. Das will sagen: Will von dem Glase $\frac{1}{60}$ zum nächst stärkeren in der Reihe gelangen, muss ich zu $\frac{1}{60}$ ein Glas von 300″ B. W. hinzufügen, denn $+\frac{1}{300} = \frac{1}{50}$. Will ich aber von $2^1/_4$ zu 2 fortschreiten, so muss ich $2^1/_4$ ein Glas $^1/_{18}$, d. i. ein solches von nahezu 17mal kleinerer Brennte, also 17mal grösserer Stärke fügen, als in dem ersteren Falle. Refractionsdifferenz zwischen $2^1/_4$ und 2 ist eine nahezu 17mal isere, als jene zwischen 60 und 50.

Das Fortschreiten der optischen Differenz zwischen je zwei Gläsern lgt aber nicht etwa nach einem bestimmten Gesetze von dem einen e der Reihe zur entgegengesetzten. Davon überzeugen wir uns, wenn wie dies auf der vorangehenden Tabelle geschehen, sämmtliche Refracsdifferenzen unserer Gläser berechnen und mit einander vergleichen. kommen dabei nur zu dem Schlusse, dass die optischen Unterschiede schwächeren im Brillenkasten enthaltenen Gläser geringer sind, als der stärkeren, und dass dieselben, wie wir eben sahen, sogar um r als das 16fache des Werthes von einander abweichen können.

Diese unwissenschaftliche Ordnung der Gläser unserer Brilltuis ist in neuerer Zeit *ein Dorn in* den Augen der Ophthalmo-

logen geworden. Zuerst hat Burow 1864[1]) auf diesen Uebelstand hingewiesen und die Forderung gestellt, dass die Refractionsdifferenz zwischen je zwei Gläsern des Brillenkastens stets die gleiche sei. Er hat als Refractionsintervall eine Linse $^1/_{60}$, (resp. $\frac{1}{120}$ für die schwächeren Nummern bis $^1/_7$) vorgeschlagen. Im Jahre 1866 hat Zehender[2]) eine ähnliche Forderung wiederholt. Als „optische Einheit" d. i. als optische Differenz gilt ihm eine Linse $^1/_{48}$ und, wenn dies nicht genau genug sein sollte, eine Linse $^1/_{96}$. Sein Brillenkasten enthält 10 Paare Convex- und 10 Paare Concavgläser. Die Stärke derselben ist $^1/_2 = {}^{24}/_{48}$, $^1/_3 = {}^{16}/_{48}$, $^1/_4 = {}^{12}/_{48}$, $^1/_6 = {}^8/_{48}$, $^1/_8 = {}^6/_{48}$, $^1/_{12} = {}^4/_{48}$, $^1/_{16} = {}^3/_{48}$, $^1/_{24} = {}^2/_{48}$, $^1/_{48} = {}^1/_{48}$, $^1/_{96} = {}^1/_2 \,.\, {}^1/_{48}$. Er bezeichnet, wie wir schon früher sahen, die Gläser nach Giraud-Teulon's Vorgange, d. h. nicht nach ihrer Brennweite, sondern nach ihrer Stärke, wobei angegeben wird, aus wie viel 48stel Linsen die betreffende Linse besteht. Da also z. B. $^1/_2 = {}^{24}/_{48}$, so trägt Convex 2 die Bezeichnung Nr. 24; da $^1/_{96} = {}^1/_2 \,.\, {}^1/_{48}$, so ist $^1/_{96}$ = Nr. $^1/_2$. Der Brillenkasten Zehender's enthält demnach nach der letzten Bezeichnungsweise die Nummern: 24, 16, 12, 8, 6, 4, 3, 2, 1, $^1/_2$. Da diese Nummern nicht um die optische Einheit $^1/_{48}$ fortschreiten, so werden die Zwischennummern durch Combination gewonnen, also z. B. Nr. V $\left(\text{d. i. } \frac{5}{48} = \frac{1}{9\frac{3}{5}}\right)$ dadurch, dass man vor Nr. III noch Nr. II, oder vor IV Nr. I. setzt; Nr. 21 $\left(\frac{21}{48} = \frac{1}{2\frac{6}{21}}\right)$ dadurch, dass man zu Convex Nr. 24 Concav Nr. 3 fügt, falls man Convex 21 erhalten will, oder dass man zu Concav Nr. 24 Convex Nr. 3 gibt, falls es sich um Herstellung von Concav 21 handelt. Eine Anzahl von Nummern sehr kurzer Brennweite, solche, deren Brennweite zwischen 2 und 1 Zoll liegt, kann durch Combination der 10 Gläserpaare nicht erhalten werden, übrigens ein, wie wir sehen werden, vollkommen irrelevanter Umstand.

Der einmal angeregte Gegenstand wurde hierauf zunächst von Steinheil weiter verfolgt, dann durch Nagel[3]) und Javal[4]) in einer neuen Form auf's Tapet gebracht. Nagel proponirte nämlich, das Metermass dem Zollmasse zu substituiren, als Refractionsintervall eine

[1]) Ueber die Reihenfolge der Brillenweiten. Berlin.

[2]) Dessen klinische Monatsblätter.

[3]) Ibidem, 1868. pag. 65.

[4]) *Congrès* d'Ophthalmologie. Compte rendu. 1868.

Linse von 1 Meter (= 36·94 P. Z. = 37·96 Wiener Zoll) festzustellen, nöthigen Falls eine schwächere, eine solche von 2 Meter (unter Umständen auch von noch grösserer) B. W. einzuschieben, und die Gläser nach ihrer Stärke (wie dies schon Giraud-Teulon und Zehender gethan), zu bezeichnen, wobei die Linse von 1 Meter B. W. als Linse 1 zu gelten hätte. Javal meint, dass es besser wäre, als Refractionsintervall nicht 100, sondern 120 Centimeter zu nehmen, und zwar aus folgendem Grunde. 48 P. Z. sind 129·93, also fast genau 130 C. M. Die Brennweite der mit 48 bezeichneten, d. i. mit einem Radius von 48" geschliffenen Biconvex- oder Biconcavlinsen ist aber, da der Brechungsindex des Glases mehr als 1·5 beträgt, kleiner als 48", also kleiner als 130 C. M., und zwar ist sie 120 C. M. gleich. Indem wir nun eine um ein Refractionsintervall von 120 C. M. aufsteigende Reihe, welche die Gläser von 120, 60, 40, 30, 24, 20 ... C. M. Brennweite enthält, construiren, finden wir diese Gläser schon bei den Brillenschleifern vorräthig, indem die mit Brennweiten von 48, 24, 16, 12 ... Pariser Zoll bezeichneten Gläser thatsächlich den Gläsern der Centimeterreihe gleichkommen.

Burow [1]) suchte hierauf Zoll- und Metermass in ähnlicher Art zu vereinigen und zwar in folgender Weise. Eine Linse von 100 oder 120 Centimeter, d. i. von 37, resp. 48 Pariser Zollen Brennweite erscheint ihm und mit vollem Rechte als Refractionsintervall zu stark. Er proponirt, falls man das Metermass einführen wollte, hiefür eine Linse von 3 Meter Brennweite. Diese wäre, nach dem Vorgange Giraud-Teulon's als Linse 1 zu bezeichnen. 3 Meter sind nun gleich 114·7 Preuss. Zoll. Die von Burow als Refractionsintervall vorgeschlagene Linse $^1/_{120}$ nähert sich also stark diesem Werthe. Die Differenz zwischen den beiden Refractionsintervallen entfällt aber fast gänzlich, wenn man die factischen Verhältnisse berücksichtiget. Welche Brennweite besitzt nämlich die im Handel vorkommende, mit 120 signirte, weil mit dem Radius von 120" auf beiden Flächen geschliffene Linse de facto? Nimmt man den mittleren Werth des Brechungsexponenten des Glases, aus dem Brillen gefertigt werden, mit 1·525 an, dann ergibt sich für die Linse $^1/_{120}$ als wirkliche Brennweite 114·3", ein Werth, der mit dem oben aufgestellten von 3 Meter = 114·7" nahezu identisch ist. Will man also das Metermass an Stelle des Zollmasses einführen, und hierbei die Dreimeterlinse als Einheit zu Grunde legen, so ist nichts Anderes nöthig, als die nach preussischem Zollmass geschliffenen ohnehin zu-

[1]) Zehenders *Monatsblätter, 1868. pag.* 189.

meist im Handel vorkommenden nach der Refractionsdifferenz $^1/_{120}$ fortschreitenden Gläser anders zu numeriren.

Die Linse I, deren Brennweite 3 Meter = 300 C. M. = 114·7 Pr. Z. beträgt, wird dargestellt durch die gegenwärtig mit 120 bezeichnete Linse. Die Linse II, welche 2 Einheiten, also 2 Drei-Meter-Linsen enthält, deren Brennweite demnach $1^1/_2$ Meter = 150 C. M. gleich ist, ist gegeben durch die Linse $^1/_{60}$, da dieser letzteren eine factische Brennweite von 57·14″ zukommt und 150 C. M. 57·35 Pr. Z. geben. Die Linse X mit der Brennweite von 30 C. M. = 11·47 Pr. Z. ist gleich der jetzigen Linse $^1/_{12}$, deren factische Focaldistanz = 11.43″.

Unter der Annahme, dass Nr. I = $^1/_{120}$, ergibt sich übrigens wie leicht begreiflich, die ganze Reihe von selbst, dadurch, dass man beide Theile der eben genannten Gleichung der Reihe nach mit den Zahlen 2, 3, 4 .... n multiplicirt.

Ist also I = $^1/_{120}$, dann ist z. B.
III = $^1/_{40}$
VIII = $^1/_{15}$
XII = $^1/_{10}$
XXIV = $^1/_5$

Da, wo durch die Division des Nenners im zweiten Theile der Gleichung keine ganze oder wenigstens keine durch die existirenden Schleifschalen gegebene Zahl zu Stande kommt, nimmt man Näherungswerthe. So ist z. B. Nr. XIII = $^{13}/_{120}$, also eigentlich = $\frac{1}{9\frac{2}{13}}$, kann aber $^1/_9$ gleich gesetzt werden, so ist Nr. LIV = $^{54}/_{120}$ = $\frac{1}{2\frac{2}{9}}$, dafür wird $\frac{1}{2\frac{1}{2}}$ genommen.

In dem Vorhergehenden haben wir einen Ueberblick über die wichtigsten Refractionsarbeiten auf dem Gebiete der Einrichtung der Brillenkasten gegeben. Die Wichtigkeit des Gegenstandes — wurde doch auf dem internationalen Pariser Congresse 1867 eine eigene Commission für die Prüfung desselben eingesetzt, ohne jedoch bisher ihre Resultate kundgegeben zu haben — ich sage, die Wichtigkeit des Gegenstandes hat eine etwas weitere Verbreitung über denselben nöthig gemacht und fordert natürlich auch zur Kritik auf. Wir wollen mit letzterer nicht zurückhalten.

Die erste Frage ist hierbei die: Bringt die gegenwärtige principienlose Einrichtung unserer Brillenkasten Nachtheile mit sich und

welches sind die Vortheile der rectificirten Scala? Man muss Burow die Gerechtigkeit widerfahren lassen, dass er sich selbst in seiner ersten Publication über diesen Gegenstand die genannte Frage vorlegte, während späterhin alle Welt darüber einig schien, dass eine gleichmässig fortschreitende Brillenscala von grossem Vortheile sei.

Wir müssen nun gestehen, dass die Gründe, welche Burow in seiner Schrift: „Ueber die Reihenfolge der Brillen-Brennweiten" zu Gunsten eines bestimmten Refractionsintervalles aufführt, nicht sehr bestechend sind; sie laufen alle darauf hinaus, dass dadurch vollkommen Ungeübten, vor allem ganz ungebildeten Brillenverkäufern die Auswahl richtiger Gläser erleichtert wird, während Demjenigen, der vor der Addition und Subtraction zweier Brüche (entsprechender Linsenwerthe) nöthigenfalls nicht zurückschreckt, ein Vortheil bei der Auswahl von Brillen mit Hilfe eines wissenschaftlich geordneten Brillenkastens nicht erwächst. Wenn man, wie Zehender dies vorschlägt und wie es schon 18 Jahre vor ihm Merz gethan, bei der Brillenwahl die Probebrillen aus 2, sogar auch aus 3 Gläsern combiniren muss, weil der betreffende Brillenkasten zu wenig Gläser enthält, dann bietet die arithmetische Ordnung der wenigen im Besteck enthaltenen Gläser einen gewissen Vortheil, weil hierbei die bei dieser, sehr wenig nachahmungswerthen Methode der Brillenwahl nicht zu vermeidenden, in Permanenz erklärten Bruchrechnungen leichter ausführbar werden, als bei ungeordneten Gläserreihen.

Andererseits wird man sich aber begreiflicher Weise der Herstellung einer wissenschaftlich fortschreitenden Reihe nicht widersetzen, wenn diese Herstellung ohne besondere Schwierigkeiten und ohne Nachtheile für die Praxis geschehen kann. Hierbei jedoch begegnen wir nicht unwesentlichen Hindernissen.

Schon in Betreff der Grösse der Refractionsdifferenz konnten die betreffenden Autoren nicht einig werden. Während von einer Seite, wie wir sahen, eine Linse $^1/_{60}$, resp. $^1/_{120}$ empfohlen wird, wird von der anderen Seite die Linse $^1/_{48}$, resp. $^1/_{96}$ in Vorschlag gebracht. Die Anhänger des Metermasses dagegen erwarten theils von einer Linse von 100, theils einer solchen von 120 C. M. Brennweite das Heil, und drohen sogar ob dieser Meinungsverschiedenheit unangenehm gegen einander zu werden, bis endlich der erste Anreger der ganzen Frage, wenn schon das Metermass adoptirt werden soll, eine Linse von 300 C. M. als Refractionsintervall festgestellt haben will.

Die Meinungsverschiedenheit der Autoren bei der Wahl der Grösse des Refractionsintervalles *hat nebst anderen* Rücksichten ihren Haupt-

grund darin, dass ein und dasselbe Refractionsintervall für den Anfang, die Mitte und das Ende der Reihe unmöglich in Verwendung kommen kann und da man dieses Problem dennoch in dieser Richtung zu lösen versucht, so entspringt daraus das Bemühen, irgend einen möglichst passenden Werth zu finden, der aber doch nie so recht passen will. Wir brauchen nämlich von den schwächeren Nummern der Gläserreihe eine viel grössere Anzahl, als von den stärkeren, d. h. die Refractionsdifferenz der schwächeren Gläser unseres Brillenbestecks muss sehr gering, in der Regel so gering sein, dass es lächerlich wäre, die ganze Gläserscala nach dieser Refractionsdifferenz zu ordnen, während andererseits bei den starken Gläsern eine 10 und 20mal grössere optische Differenz irrelevant genannt werden muss. Das eben Gesagte nebst den Gründen dafür soll gleich klar werden.

Wenn wir ein Glas vor's Auge halten, so können wir dessen Wirkung dadurch modificiren, dass wir die Distanz zwischen Glas und Auge ändern. Convex 36 z. B. corrigirt, $^1/_2$" vor dem Knotenpunkte des Auges gehalten, wie wir sehen werden, eine Hypermetropie $\frac{1}{35\frac{1}{2}}$. Rücke ich das Glas noch um $^1/_4$" ab, dann wird jetzt eine Hypermetropie $\frac{1}{35\frac{1}{4}}$ neutralisirt. Das Glas hat nun eine andere Wirkung, es neutralisirt jetzt einen andern Grad von H. Die Refractionsdifferenz zwischen $\frac{1}{35\frac{1}{4}}$ und $\frac{1}{35\frac{1}{2}}$ beträgt aber nicht einmal $^1/_{5000}$. Was folgt daraus? Will ich nur einen um ein greifbares Minimum höheren Grad von Hypermetropie neutralisiren, so gelingt mir dies nicht durch Verschiebung des Glases um $^1/_4$" und nur eine solche und keine höhere ist in praxi zulässig, weil diese Verschiebung nur eine Wirkung hervorbringt, die gleich Null zu achten ist. In einem anderen Falle dagegen würde ein ursprünglich hypermetropisches Auge am grauen Staare operirt. Das aphakische Auge bedürfte zur Correctur Convex 2, $^1/_2$" vor den Knotenpunkt gestellt. Dann wird hierdurch H $\frac{1}{1\frac{1}{2}}$ corrigirt. Rücke ich Convex 2 noch um $^1/_4$" ab, so würde nunmehr H $\frac{1}{1\frac{1}{4}}$ neutralisirt. Die optische Differenz zwischen $\frac{1}{1\frac{1}{4}}$ und $\frac{1}{1\frac{1}{2}}$ beträgt aber nicht weniger als $\frac{1}{7\frac{1}{2}}$. Durch

Verschiebung einer Linse von 2" B. W. um $^1/_4$" erzeuge ich also einen ungefähr 700mal grösseren Effect, als durch die gleiche Verschiebung einer Linse $^1/_{36}$. Wir ersehen daraus: Je geringer die Brennweite einer Linse ist — denn für Concavgläser gilt etwas ähnliches, wie für Convexgläser — desto grössere Differenzen in der optischen Wirkung werden durch ganz geringe Verschiebungen derselben vor dem Auge erzeugt. Es ist daher im Allgemeinen eine geringere Anzahl von starken, als von schwachen Gläsern nöthig, weil bei den ersteren durch geringe Verrückungen vor dem Auge Correcturen ausgeführt werden, für welche in letzterem Falle eigene Gläser des Brillenkastens requirirt werden müssen. Gut, dann könnte man im Beginnen der Reihe nach einem geringeren Refractionsintervall, dann je mehr man sich dem Ende, an welchem die Gläser kurzer Brennweite stehen, nähert, nach einem Vielfachen dieses Intervalles fortschreiten.

Das kleinste Refractionsintervall, welches bisher gesetzt wurde, ist das von Burow, es ist gleich einer Linse von 120" B. W. Demgemäss sind die ersten Glieder seiner Reihe, wie er sie in seiner letzten Publication feststellt, Linsen von 120, 60, 40, 30, 24, 20, 17, 15, $13^1/_2$, 12" B. W. Jeder praktische Augenarzt wird nun wissen, dass diese Gläser nicht genügen. Es ist eine Erfahrungsthatsache, die man tagtäglich zu machen Gelegenheit hat, dass das Auge zwischen Convex und Concav 80 und 60, 50 und 40, ebenso zwischen 36 und 30 u. s. w. sehr wohl unterscheidet, dass es z. B. zwischen den drei Gläsern 40, 36 und 30 der Linse 36 entschieden den Vorzug gibt. Kein Wunder, denn selbst die geringe Refractionsdifferenz $^1/_{36} - {}^1/_{40} = {}^1/_{360}$ oder $^1/_{30} - {}^1/_{36} = {}^1/_{180}$ kann durch Verschiebung des Glases um 1 oder 2 Linien nicht überwunden werden.

Andererseits sehen wir wieder bei den starken Gläsern, selbst da, wo die Reihe Burow's schon um das doppelte Refractionsintervall, also um eine Linse $^1/_{60}$ fortschreitet, noch mehr Zwischennummern, als sich ohnehin jetzt schon finden, so zwischen 4 und 3 vier Stufen: $3^3/_4$, $3^1/_2$, $3^1/_3$ und $3^1/_6$, also statt des gewöhnlich vorhandenen Glases $3^1/_4$ zwei: $3^1/_3$ und $3^1/_6$. Wenn man aber bedenkt, dass z. B. Concav $3^1/_4$, das in einer bestimmten Entfernung vor dem Auge steht, wie $3^1/_3$ wirkt, wenn man es um Eine Linie weiter abrückt, und wie $3^1/_6$, wenn man es um Eine Linie dem Auge nähert, dann muss man doch gestehen, dass die Wissenschaftlichkeit hierbei schon etwas in Spielerei ausartet, besonders wenn man weiss, dass es sich bei so hochgradigen Refractionsanomalien, zu deren Correction derartige Gläser verwendet werden, überhaupt, wie wir noch sehen werden, um eine ganz genaue Correction in der Regel nicht einmal handelt. Bei *den starken*, zwischen 3 und 2 gelegenen

sern wird nun in der Reihe Burow's der Wissenschaftlichkeit vor
selber bange; um nicht durch die Aufstellung einer ganzen Reihe
öthiger Gläser sich eine zu starke Blösse zu geben, streicht sie die
el und lässt die alt hergebrachten Nummern: $2^3/_4$, $2^1/_2$ und $2^1/_4$ an
en; und daran thut sie sehr wohl!

Was folgt aus all Dem? Die Empirie hat die Brillenkasten in
Art zusammengestellt, dass sich in denselben eine verhältnissmässi
ssere Anzahl schwacher und eine verhältnissmässig geringe Anzal
rker Gläser findet, und die Betrachtung des Einflusses, welchen di
rschiebung der Gläser vor dem Auge auf ihre optische Wirkun
mt, sowie die tägliche praktische Erfahrung spricht mit lauter Stimm
diese Einrichtung. Die Versuche, die Brillenkasten wissenschaftlic
ordnen, sind sämmtlich als missglückt zu betrachten; man müsst
llte man hierbei dem praktischen Bedürfnisse entsprechen, zwische
4 oder 5 Gliedern der Reihe ein anderes Refractionsintervall ein
ren, wodurch, wie ich im Gegensatze zu Nagel glaube, die gan
issenschaftlichkeit illusorisch würde. Man vergesse eben nicht, da
sich hierbei nicht um eine gleichmässige Theilung eines bestimmt
tischen Werthes, etwa einer Linse $^1/_2$, zum Zwecke theoretisch
trachtungen, sondern um die Correction individueller Refractions- u
commodationsanomalien handelt.

Allein mit dem eben Erwähnten haben wir die Schwierigkeit d
egenstandes noch nicht genügend beleuchtet. Gesetzt, wir billigt
ne Scala mit einer bestimmten Refractionsdifferenz, wie steht es n
r Herstellung der betreffenden Gläser? Man muss hierbei auf die sch
rhandenen Schleifschalen möglichst Rücksicht nehmen. Die Aufstellu
ner Scala, für deren Herstellung durchgehends oder fast durchgehen
ue Schleifschalen nöthig wären, wäre ein harmloser Scherz oh
itere Folgen, da es keinem Brillenschleifer in den Sinn komm
rde, sich zu einem solchen mit riesigen Kosten verbundenen Unte
hmen herzugeben, um zum Schaden noch den Spott zu tragen, de
rauf würde wahrlich, wenn der Spruch überhaupt Anwendung find
assen: Parturiunt montes — — —! Mit Berücksichtigung schon best
nder Schleifschalen, so dass nur die Herstellung einer geringen Anz
uer Schalen sich als nothwendig erwies, hat Burow seine Dr
Meter-, resp. 120 Preuss. Zoll-Scala in folgender Weise hergeste
abei ist zu bemerken, dass wir zwischen je zwei Nummern
Reihe die factische Refractionsdifferenz eingetragen haben. Wir wis
lass die Nummern angeben, wie viele $^1/_{120}$ Linsen die betreffende Li

Nr.	1 = 120		Nr.	19 = $6\frac{1}{3}$	
„	2 = 60	120	„	20 = 6	114
„	3 = 40	120	„	21 = $5\frac{3}{4}$	138
„	4 = 30	120	„	22 = $5\frac{1}{2}$	$126\frac{1}{2}$
„	5 = 24	120	„	23 = $5\frac{1}{4}$	$115\frac{1}{2}$
„	6 = 20	120	„	24 = 5	105
„	7 = 17	$113\frac{1}{3}$	„	26 = $4\frac{3}{4}$	70
„	8 = 15	$127\frac{1}{2}$	„	28 = $4\frac{1}{3}$	$63\frac{3}{7}$
„	9 = $13\frac{1}{2}$	135	„	30 = 4	52
„	10 = 12	108	„	32 = $3\frac{3}{4}$	60
„	11 = 11	132	„	34 = $3\frac{1}{2}$	$52\frac{1}{2}$
„	12 = 10	110	„	36 = $3\frac{1}{3}$	70
„	13 = 9	90	„	38 = $3\frac{1}{4}$	$63\frac{1}{3}$
„	14 = $8\frac{1}{2}$	153	„	40 = 3	57
„	15 = 8	136	„	44 = $2\frac{3}{4}$	33
„	16 = $7\frac{1}{2}$	120	„	48 = $2\frac{1}{3}$	$27\frac{1}{2}$
„	17 = 7	105	„	53 = $2\frac{1}{4}$	$22\frac{1}{2}$ [1]
„	18 = $6\frac{2}{3}$	140	„	60 = 2	18
„	19 = $6\frac{1}{3}$	$126\frac{2}{3}$			

Betrachtet man diese nach dem Refractionsintervall $\frac{1}{120}$ errichtete Reihe, so bemerkt man an ihr sofort das Eine, dass sie mit Ausnahme der ersten Nummern, welche aber gerade für das praktische Bedürfniss nicht ausreichen, nicht nach dem Intervall $\frac{1}{120}$, überhaupt nach keinem gleichmässigen Intervall geordnet ist. Ja, es kommen darin sogar solche Differenzen vor, dass sich selbst eine unwissenschaftliche Reihe ihrer nicht zu schämen brauchte. Die Differenz zwischen Nr. 12 und 13 beträgt z. B. $\frac{1}{90}$, die unmittelbar darauf folgende zwischen 13 und 14 aber $\frac{1}{153}$, die erstere Differenz ist mehr als das Anderthalbfache der zweiten, und die Nummern 12, 13, 14, welche ja ein gleichmässiges Fortschreiten um eine Linse $\frac{1}{120}$ anzeigen

[1] $2\frac{1}{4}$ wird in dieser Scala von Burow als Nr. 53 und bald darauf als Nr. 54 bezeichnet. Es ist $^{53}/_{120} = 2\frac{1}{3\frac{1}{11}}$, $^{54}/_{120} = 2\frac{1}{4\frac{1}{2}}$.

sollten, thun dies durchaus nicht. Ebenso weicht die Brechungsdifferenz bei den meisten übrigen Nummern mehr oder weniger von der normalen ab. Diese Fehler damit, wie dies Burow thut, zu beschönigen, dass die wirklichen Brillenbrennweiten wegen der Grösse des Brechungscoëfficienten des Glases „keineswegs den Nummern entsprechen, mit denen sie bezeichnet sind," und dass dadurch selbst „die grössten Fehler der obigen Reihe fast um das Doppelte" übertroffen werden können, geht durchaus nicht an, denn der Fehler, der dadurch entsteht, betrifft die Brennweite aller Gläser gleichmässig, ohne die Refractionsdifferenz zu alteriren, und gerade Burow hat ja durch die Rückführung der Brillenbrennweiten seiner Gläser auf ihren wahren Werth seine Reihe direct in die 3-Meterscala umwandeln können. Wenn man aber die Fehler der Reihe damit entschuldigt, dass es ja auf geringe Abweichungen nicht ankommt und dass die bei den Brillenschleifereien unterlaufenden verschiedenartigen Verstösse noch gröbere Irrthümer verschulden, so haben wir, die wir auf eine gleichmässig geordnete Brillenreihe kein Gewicht legen, dagegen nichts einzuwenden, aber entschieden müssen wir uns dagegen verwahren, wenn „post tot discrimina rerum" eine „wissenschaftlich" geordnete Reihe aufgestellt wird, welche mit dem praktischen Bedürfnisse nicht übereinstimmt und, dazu nicht einmal theoretisch richtig, sogar zu wissenschaftlichen Irrthümern führen kann. Die Bedürfnisse der Praxis und die technische Schwierigkeit der Ausführung lehnen also eine Umgestaltung unserer Brillenkasten ab.

Noch haben wir eine Anzahl von Fragen besonders zu erledigen:

1. Soll man die bisherige Bezeichnung der Brillen nach ihrer Brennweite beibehalten, oder dafür die von Giraud-Teulon, Zehender, Nagel und Burow adoptirte nach ihrer Stärke einführen? Die letztere Bezeichnungsweise hat den Vortheil, dass man statt mit Brüchen, mit ganzen Zahlen addiren und subtrahiren kann. Es wäre gegen dieselbe auch Nichts einzuwenden, wenn nur irgend eine Refractionseinheit gefunden werden könnte, von welcher unsere Brillengläser Vielfache darstellen würden, so dass man die Stärke derselben stets durch ganze Zahlen auszudrücken im Stande wäre. Allerdings gehen Jene, welche eine wissenschaftliche Reihe herstellen wollen, den umgekehrten Weg. Sie möchten nur Gläser aufnehmen, welche den fortschreitenden Nummern ihrer Scala entsprechen. Wie schwer dies unter Berücksichtigung der vorhandenen Gläser gelingt, sehen wir aus der bestconstruirten Scala Burow's, in welcher so viele der Nummern nur Näherungswerthe darstellen. Aber auch darüber könnte man sich hinwegsetzen, wenn nur eine

bestimmte Refractionseinheit allgemein angenommen wäre. So aber, wo ein und dasselbe Glas z. B. $\frac{1}{12}$, je nachdem man eine Linse von 216″, von 48″, von 120″ oder von 1 Meter B. W., wie ja dies Alles geschah, zu Grunde gelegt hat, bald als Nr. 18, bald als Nr. 4, bald wieder als Nr. 10 oder als Nr. 3 bezeichnet wird, würde vorläufig durch die Substitution der Stärke für die Brennweite eine so heillose Verwirrung entstehen, dass es gerathener erscheint, bei der alten Bezeichnungsweise zu bleiben. Ist es doch nicht so schwer, 2 in Brüchen ausgedrückte Linsenwerthe zu addiren oder zu subtrahiren! Und selbst für Den, der dies nicht vermöchte, ist gesorgt. Javal [1]) hat eine Règle à calcul angegeben, die Burow [2]) für seine Brillenscala einrichtete, ohne dass sie aber desshalb, wie Wecker mit Recht hervorhebt [3]), in ihrer Leistung gewonnen hätte. Es handelt sich dabei um zwei in gleicher Weise getheilte Lineale, welche, indem man sie gegen einander verschiebt und einen gewissen Theilstrich der einen Scala mit einem anderen der zweiten Scala zusammenfallen lässt, gewisse Additions- und Subtractionsrechnungen gleichsam selbst vollführen, wobei freilich häufig genaue Resultate nicht erzielt werden. Den Linealen hat Burow später [4]) zwei concentrische Kreise, welche beide die Eintheilung tragen und in einander gedreht werden können, substituirt. Wir finden, dass durch solche Vorrichtungen das Bischen Geist, das in Brillenbestimmungen allenfalls noch steckt, gänzlich ausgetrieben wird, und andererseits wehe, wenn eine nicht vollständig geübte Hand mit diesen Linealen manipulirt. Dann würden schöne Resultate abgelesen werden!

2. Soll man statt des Zollmasses das Metermass einführen?

Ein gleichartiges Mass ist sicherlich wünschenswerth, allein das Metermass hat für diesen Fall von theoretischer Seite her keinen besonderen Vorzug, da die in Zollen angegebenen Werthe nicht in Fusse (oder Linien) umgerechnet werden, und daher der Vortheil des Decimalmasses vor dem Duodecimalmasse bei der Rechnung mit Linsenwerthen gänzlich entfällt. In praktischer Hinsicht hat Burow, wie wir sahen, gezeigt, wie leicht die nach preussischem Zollmass bezeichneten Linsen das metrische Mass erhalten könnten, allein gerade für die nach Pariser und Wiener Zollen geschliffenen Gläser wäre

[1]) Annales d'oculistique 53. Band 1865. pag. 181.
[2]) Graefe's Archiv XII. 2. 1866. pag. 308.
[3]) Etudes ophthalmologiques II. Band 1866. pag. 1034.
[4]) Berliner klinische *Wochenschrift 10.* März 1867.

diese einfache Umwandlung nicht möglich, sowie anderseits die von Javal vorgeschlagene Ummodlung von Linsen Pariser Brennweite in 120-Centimeter-Linsen auf Linsen, nach preussischem und Wiener Mass geschliffen, keine Anwendung finden könnte.

3. Sollen wir bei der Brillenwahl zur Composition des nöthigen Glases aus 2 oder 3 Gläsern schreiten, wie dies Zehender und damit seinen vereinfachten Brillenkasten empfiehlt. Burow hat schon dagegen mit Recht bemerkt, dass es sich bei der Brillenwahl um möglichst raschen Wechsel der Gläser vor dem Auge handelt und dass es bei der Zusammensetzung der Gläser aus 2 oder 3 anderen, bei der oft nothwendigen Entfernung zweier Gläser und dem Vorsetzen zweier anderer u. s. w. so langsam hergeht, dass sich dabei das betreffende Auge nur schwer der Differenz bewusst wird. Wenn wir unserem Brillenkasten nur die praktisch nothwendigen Gläser einverleiben, sind ja seine Dimensionen ohnehin nicht allzugross; auch wandert man ja mit demselben in der Regel nicht von Haus zu Haus, sondern nimmt die Untersuchung gewöhnlich in dem mit den nöthigen Apparaten, Tafeln u. s. w. ausgestatteten Ordinationslocale vor. Für specielle Zwecke sehen Sie, meine Herren, hier ein Etui, in welches man eine ziemlich grosse Anzahl von Probegläsern einrollen und ohne die geringste Belästigung bei sich tragen kann.

Aus diesen langen Erörterungen ziehen wir nun endlich folgendes Resumé:

Die Fehler und Nachtheile, welche 1. dadurch, dass die Gläser nach verschiedenem Längenmass geschliffen werden, 2. dadurch, dass auf ihnen die richtige Brennweite nicht genau angegeben ist und 3. dadurch, dass sie in unseren Brillenkasten nicht nach einem wissenschaftlichen Principe geordnet sind, in der Praxis sich ergeben, sind so gering, dass die Herstellung von Gläsern, welche ausschliesslich nach einem und demselben Längenmasse in allen optischen Instituten geschliffen, genau mit der nach dem jeweiligen Brechungsindex des Glases zu eruirenden Brennweite versehen und eine arithmetische (um eine bestimmte Refractionseinheit fortschreitende) Reihe bilden würden — ich sage, dass diese Reform auf dem Gebiete der Brillenfabrication, die, wenn überhaupt ausführbar, mit den riesigsten Kosten verbunden und nur in Decennien erreichbar wäre, die darauf verwendete Mühe entschieden nicht lohnen würde.

Es genügt vielmehr, wenn uns die Differenzen der verschiedenen Längenmasse bekannt sind; wenn wir die wirklichen Brennweiten unserer Probebrillen kennen, jedoch, falls überhaupt, nur mit Vorsicht von dieser

enntniss bei der Verschreibung von Brillen Gebrauch machen; und enn wir die Refractionsdifferenzen der in unserem Brillenkasten enthaltenen Gläser berechnen und uns in einer Tabelle vor Augen halten.

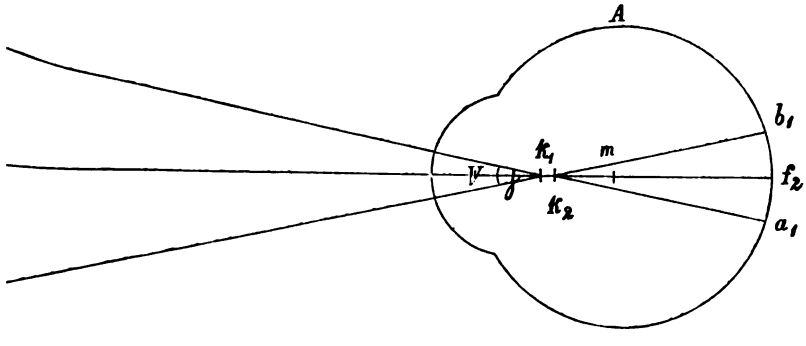
Achte Vorlesung.

Sehschärfe.

Man hat sich gegenwärtig, besonders nach dem Vorgange von nellen und Donders gewöhnt, die Refraction des Auges gleichitig mit dessen Sehschärfe zu bestimmen, gewiss eine sehr lobenserthe Vereinigung der Lösung zweier für die physikalische Untersuchung s Auges so wichtigen Aufgaben.

Was verstehen wir unter Sehschärfe des Auges und wie messen r dieselbe? Es seien (Fig. 37) *a* und *b* zwei leuchtende Punkte. Be-

Fig. 37.



den sich dieselben in einer unveränderlichen Entfernung vom ersten iotenpunkte des Auges, ist $ck_1 = d$ eine gegebene Grösse, dann rden die zwei leuchtenden Punkte *a* und *b* als gesondert wahrgenmen werden können, wenn ihr gegenseitiger Abstand *ab* nicht unter gewisses Mass sinkt. Bei einer gewissen Kleinheit von *ab* wird das ge *A* nicht mehr im Stande sein, *a* und *b* als zwei discrete Leuchtkte zu unterscheiden, es werden dieselben vielmehr als ein einer erscheinen. Je kleiner nun, bei gleichbleibendem *d*, *ab* werden kann, ie dass die Wahrnehmung der zwei gesonderten Punkte erlischt, desto sser ist das Unterscheidungs-, das Distinctionsvermögen, desto grösser Sehschärfe des Auges *A*. Wir bekommen ein ganz ähnliches Mass

für die Feinheit der Sinneswahrnehmung, wenn wir bei unverändertem Abstande der beiden leuchtenden Punkte die äusserste Entfernung d bestimmen, in welcher a sich noch von b differenzirt. Es ist klar, dass die Sehschärfe jenes Auges die grössere ist, welches die Distinction auf eine grössere Entfernung vorzunehmen vermag.

Wodurch ist aber die Grenze unseres Unterscheidungsvermögens gegeben? Entwerfen wir die Netzhautbilder a_1 und b_1 der beiden Punkte a und b. Damit a von b noch unterschieden werde, darf der Abstand der Netzhautbilder a_1 b_1 nicht unter eine bestimmte Grösse sinken. Es gibt einen Grenzwerth von a_1 b_1, ein kleinstes Netzhautbild, bei dessen weiterer Verkleinerung a und b sich uns nicht mehr isolirt, sondern in Eins verschmolzen kundgeben. Wir erreichen diesen Grenzwerth α_1 β_1, indem wir bei gleichbleibendem d den Abstand der leuchtenden Punkte um ein Bestimmtes, etwa um das Dreifache (von ab auf $\alpha\beta$) verkleinern, oder indem wir, bei unverändertem Abstande der Leuchtpunkte ab, deren Entfernung vom ersten Knotenpunkte verdreifachen, so dass $c\,k_1 = 3\,d$ wird.

Wir ersehen daraus, dass wir um das Unterscheidungsvermögen eines Auges zu beurtheilen, nicht blos die Grösse des von demselben noch wahrgenommenen Objectes, sondern natürlich auch des letzteren Entfernung vom ersten Knotenpunkt des Auges; oder aber die Grösse des kleinsten Netzhautbildes kennen müssen.

Es ist demnach klar, dass die Sehschärfe ausgedrückt werden kann durch die Grösse des aus distincten Punkten zusammengesetzten Objectes, dividirt durch die äusserste Entfernung vom Auge, in welchem noch die deutliche Wahrnehmuug des Gegenstandes möglich ist.

So lange das Objectbild keine grössere Fläche als jene der Fovea centralis einnimmt (und bei den Prüfungen der Sehschärfe wird diese Bedingung erfüllt) steht die Sehschärfe genau im umgekehrten Verhältnisse zur Grösse des Netzhautbildes, d. h. ein Auge, welches in einer bestimmten Distanz ein Object von der Grösse a unterscheiden kann, hat eine doppelt so grosse Sehschärfe, als ein zweites Auge, welches auf den gleichen Abstand nur ein Object von dem Durchmesser $2a$ zu erkennen vermag.

Setzen wir ferner die Grösse des kleinsten Netzhautbildes in mehreren Augen gleich gross, so wird unter diesen Augen jenes die grösste Sehschärfe haben, welches von einem in einer bestimmten Entfernung befindlichen Object das grösste Netzhautbild entwirft, denn dieses Auge wird in der gegebenen Distanz ein kleineres Object *erkennen vermögen*, als jedes andere der Augen, weil in ihm von

em kleineren Objecte ein ebenso grosses Netzhautbild entworfen rd, als in den übrigen Augen von einem grösseren Objecte.

Die Sehschärfe ist also unter übrigens gleichen Umständen einzig id allein von der Grösse des Netzhautbildes abhängig.

Die Sehschärfe wird ferner noch durch die Grösse des Gesichts- inkels gemessen, allein ehe wir auf diesen Gegenstand näher eingehen, üssen wir hier gleich bemerken, dass wir nur dann die Grösse des Ge- ichtswinkels als Mass für die Sehschärfe ansehen können, wenn die zu ergleichenden Augen denselben anatomischen Bau besitzen nd wenn sie nicht durch Brillengläser (es wäre denn durch ie gleichen im gleichen Abstande vor dem Auge stehenden) corrigirt ind. Wir werden später sehen, wie das Letztere zu verstehen ist.

Trotzdem ist der Begriff des Gesichtswinkels ein wichtiger. Wie 'ollten wir z. B. aus Grösse und Abstand des Objectes, aus der Grösse es Netzhautbildes unsere Sehschärfe begreifen, wenn die leuchtenden 'unkte a und b am Himmel lägen, wenn wir an zwei nahe aneinander elegenen Sternen unsere Sehkraft erproben wollten? Wir müssen also och einen andern Werth als Mass des Distinctionsvermögens einführen nd dieser bietet sich auch von selbst dar. Die Grösse des kleinsten etzhautbildes (es sei dies jetzt in Fig. 37 durch $a_1\ b_1$ dargestellt) t für ein und dasselbe Auge, wenn wir die Lage der Knotenpunkte s unverändert, das Auge also stets in demselben Zustande der Ac- ommodation annehmen wollen, nur abhängig von der Grösse des 'inkels $a_1\ k_2\ b_1$, der dem Winkel $a k_1\ b = \gamma$ (weil beider Winkel chenkel parallel sind) gleich ist. Dem Grenzwerthe des Retinabildes ıtspricht also ein Grenzwerth des Winkels γ. Der Winkel γ ist der- lbe, ob das Object eine Grösse ab bei einem Abstande von d vom uge, oder eine Grösse $\frac{ab}{3} = \alpha\beta$ bei einem Abstande von $\frac{1}{3}\,d$ vom ıge besitzt. Indem ich sage, der kleinste Werth des Winkels γ, bei lchem die Leuchtpunkte a und b noch isolirt gesehen werden, beträgt B 3 Minuten, habe ich ein ganz allgemeines Mass für die Seh- ıärfe des betreffenden Auges angegeben. Doch kann ich hiebei nicht erwähnt lassen, dass die beiden Masse $(ab : d$, sowie $\frac{ab}{3} : \frac{1}{3}\,d)$ eigent- ı de facto nicht vollkommen gleichwerthig sind, allein für unsere ecke können wir sie als gleichwerthig ansehen.

Dieser Winkel γ, d. i. jener Winkel, welchen die von den End- ıkten eines Objectes *gezogenen Geraden* (Richtungslinien) im ersten

Knotenpunkte des Auges bilden, ist als Gesichtswinkel (Angulus visorius) zu bezeichnen.

Da man das Wort: Gesichtswinkel so häufig im Munde führt, so ist es gut, sich in Betreff desselben vollkommen zu orientiren. Der Gesichtswinkel kann nämlich noch anders definirt werden, als es eben geschah. Wenn ich die beiden leuchtenden Punkte a und b nicht gleichzeitig, sondern nur nach einander im directen Sehen betrachte, so dass ich also die Gesichtslinie meines Auges zuerst auf a und dann, indem ich mein Auge bewege, nach b richte, so wird der Abstand der Netzhautbilder von a und b, die Grösse des Retinalbildchens a_1 b_1 von der Grösse der Excursion des Auges abhängig sein, der Gesichtswinkel wird im Drehpunkte m des Auges gebildet werden und da dieser hinter den Knotenpunkten gelegen ist, kleiner sein als γ. Endlich meint Helmholtz, dass bei dem Ausdrucke. dass Objecte, die unter gleichem Gesichtswinkel erscheinen, gleiche scheinbare Grösse haben, man den Scheitel des Gesichtswinkels in den Kreuzungspunkt der Visirlinien: v (d. i. in den Mittelpunkt des Hornhautbildes der Pupille) legen müsse. Der so gebildete Gesichtswinkel wäre, da sein Scheitel am meisten nach vorne liegt, unter den dreien der grösste.

Als Mass der Sehschärfe halten wir jedoch den Winkel γ als Gesichtswinkel fest, weil durch ihn die Grösse der Netzhautbilder als Function des Baues des Auges gegeben wird, vorausgesetzt dass dieser Bau stets der gleiche in Bezug auf die Lage der Knotenpunkte und die Länge der Augenaxe ist. Der Gesichtswinkel erheischt aber noch einen historischen Rückblick. Den Astronomen verdanken wir die ersten Studien über diesen Gegenstand. Um den Winkel zu messen, unter welchem die Himmelskörper (Sonne, Mond) sich darbieten, um die Distanzen (in Bogen oder Winkeln ausgedrückt) zu bestimmen, welchen die Sterne von einander zeigen, war es unumgänglich nothwendig, zu wissen, wo der Scheitel des entsprechenden Winkels, d. i. des Gesichtswinkels hinzulegen wäre. Schon Archimedes suchte bei der Bestimmung des Winkels, unter welchem die Sonne erscheint, sich den Irrthümern hierbei, wenn auch nicht ganz glücklich, zu entziehen. Seine Methode findet sich beschrieben in der Schrift: De Arenae numero, welche, sowie dessen übrige Schriften, der berühmte Interpret des Euclid, Fridericus Commandinus (1509—157) commentirt hat. Es wird dieses Umstandes hier so ausführlich erwähnt, weil Commandinus bei der Interpretation jener Stelle des Archimedes eines sichern Rabbi Levy Erwähnung thut, welcher nach dem was vorliegt, offenbar der Erste annäherungsweise eine richtige Ansicht vom Gange der

Lichtstrahlen im Innern des Auges, dieselbe Ansicht, die Kepler nach ihm entwickelte, gewann, nämlich die, dass die von den Objecten kommenden Lichstrahlen sich im Innern des Auges und zwar in dessen Mittelpunkte durchkreuzen. Dieser Anschauung pflichtete Kepler bei und hob hervor, dass man den Scheitel des in Rede stehenden Winkels in das optische Centrum des Auges, welches er mit dem Centrum des Glaskörpers identisch hält, verlegen müsse. (Siehe Kepler: Ad Vitell. Paralipomena Capit. V. 5.) Damit war ein grosser Schritt vorwärts gethan. Die volle Wahrheit erfasste einige Jahre später Scheiner. Was Scheiner bereits annahm und, wie man heute sagen kann, mit Recht annahm, ist geradezu erstaunlich. Wenn er (Oculus pag. 17) einen Durchschnitt des menschlichen Augapfels abbildet, dessen Axe vom Vorderpol der Hornhaut bis zur Retina genau der Axe des Listing'schen schematischen Auges entspricht, dessen Cornea, von der Scheiner bereits bestimmt erklärt, dass sie nicht sphärisch, sondern sphäroidisch gekrümmt sei, einen Radius von 8 M$^{m.}$ darbietet, und dessen Sehnerv nicht im hinteren Pol des Bulbus, wie die Anatomen damals angaben, sondern an seiner richtigen Stelle sich inserirt, so ergreift uns das Gefühl namenloser Verwunderung, weil Scheiner zu jener Zeit nach seinem eigenen Geständnisse [1]) noch niemals ein menschliches Auge anatomisch untersucht hatte und nur vom Thier- auf das Menschenauge schloss. Aber die vollste Bewunderung erfasst uns, wenn wir sehen, wie Scheiner in Betreff der schwierigsten optischen Fragen seiner Zeit um Jahrhunderte vorauseilte. Scheiner lässt nämlich bereits die von den Endpunkten eines Objectes gezogenen Linien, wenn er gleich dieselben nicht als ungebrochen zeichnet, in der Linse und zwar nahe ihrem hintern Pole, sich durchkreuzen und nennt den dadurch entstehenden Winkel den Gesichtswinkel, Angulus visorius. Noch mehr! Von diesem Kreuzungspunkte der Sehlinien unterscheidet Scheiner sehr wohl den Drehpunkt des Auges, legt denselben in das Centrum der Scleralsphäre und bezeichnet ihn als unbeweglich. „Oculo moto centrum oculi quiescere, neque moveri, nisi ex capitis accidente motu.“ Er spricht es ferner aus, dass man einen doppelten Gesichtswinkel unterscheiden müsse, dass es ausser jenem Winkel, unter welchem die Objecte vermöge ihrer Grösse erscheinen und aus dessen Grösse wir direct auf die Grösse der Objecte schliessen, einen zweiten gäbe, welcher als solcher nicht existirt, sondern erst durch die Bewe-

[1]) Oculi humani *exempti copia mihi* necdum est facta. pag. 18.

gung des Auges, indem dabei die Sehaxe verschiedene Stellungen einnimmt, durch diese successiven Richtungen der Sehaxe gebildet wird.

„Quid conferat anguli visorii inventio?“ fragt Scheiner selbst. Der erste Punkt seiner Antwort lautet: „Die Ergründung der Wahrheit in einer so verwickelten Sache muss an und für sich als der würdigste Lohn angesehen werden. Wer die Schriftsteller über Optik liest, der wird ein Labyrinth, aus dem kein Ausweg sich zeigt, betreten und kymmerische Finsterniss vorfinden.“ Ja wohl kymmerische Finsterniss! In ihr hat man auch noch nach Scheiner Jahrhunderte lang gewandelt. Mehr als zweihundert Jahre später verlegte Volkmann den Kreuzungspunkt der Richtungslinien noch in den Drehpunkt des Auges, versetzte Johannes Müller den Drehpunkt in die Mitte der hinteren Scleralfläche und im Jahre des Heils 1870 fängt man an, zu beweisen, dass der Drehpunkt des Auges wirklich unbeweglich sei!

Haben wir den Begriff des Gesichtswinkels einmal festgestellt, dann können wir zur Frage über die Grenze unseres Unterscheidungsvermögens schreiten. Sie lautet, welches ist, den Bau des Auges stets als den gleichen gesetzt, der kleinste Gesichtswinkel, unter welchem Objecte noch unterschieden werden können?

Wir haben gleich im Beginne unserer Erörterung als Prüfstein für die Sehschärfe ein Object genommen, dessen Grösse durch den Abstand zweier Leuchtpunkte bestimmt wird. Ebenso kann die Frage nach der Grösse des kleinsten Gesichtswinkels, unter welchem ein Object noch wahrgenommen werden kann, nur so verstanden werden, dass das Object durch den Abstand zweier discreter Punkte (oder Linien) dargestellt wird. Denn sonst können Objecte noch unter einem unmessbar, resp. äusserst kleinen Gesichtswinkel und bei einem unmessbar, resp. äusserst kleinen Netzhautbilde gesehen werden, wenn nur das Object eine hinlänglich grosse Lichtstärke besitzt; Beweis dafür ist bekanntlich der, dass wir die Fixsterne und unter günstigen Verhältnissen bei Nacht auf ungeheure Entfernungen Lichtflammen sehen. Es soll damit aber durchaus nicht gesagt sein, dass wir nicht auch auf diese Art durch Betrachtung eines einzelnen leuchtenden Objectes einen Begriff von der Sehschärfe eines Auges bekommen könnten, nur wäre eine derartige Bestimmungsweise sehr complicirt. Sogar an den einzelnen Sternen, die ja nach der verschiedenen Lichtstärke classificirt werden, wären ganz gut Sehprüfungen vorzunehmen. Augen von sehr guter Sehkraft sind jene, welche noch Sterne sechster Grösse deutlich erkennen, *Augen mit ausserordentlicher* Sehschärfe — solche kommen, wenn auch

sehr selten, vor — jene, die natürlich unbewaffnet noch schwächere Sterne, als solche sechster Grösse, deutlich sehen. Auch durch das Wahrnehmen terrestrischer Gegenstände auf bestimmte Entfernung muss sich die Grösse der Sehschärfe manifestiren. In dieser Beziehung ist es geradezu erstaunlich, was das menschliche Auge leisten kann. Die merkwürdigste diesbezügliche Thatsache ist wohl diejenige, welche Alexander von Humboldt [1]) berichtet. Als sein Reisebegleiter Bonpland in einer Expedition nach dem Vulkan Pichincha begriffen war, sahen die Indianer von dem Standorte Humboldt's aus, welcher 85596′ oder $3^7/_{10}$ geographische Meilen vom Vulkan entfernt war, mit freiem Auge Bonpland als einen weissen sich vor schwarzen Basaltfelsen fortbewegenden Punkt früher, ehe ihn Humboldt und sein Gastfreund mit ihren Fernrohren aufzufinden vermochten. Auch den beiden Letzteren wurde hierauf bald das weisse sich bewegende Bild sichtbar. Die Bedingungen für die Sichtbarkeit waren abgesehen von der Durchsichtigkeit der Atmosphäre noch dadurch besonders günstig, als Bonpland in den Poncho, den landesüblichen weissen Mantel, gehüllt war, der gegen die schwarzen Felsen besonders stark contrastirte. Bei der Annahme der Schulterbreite von 3—5 Fuss, da der Mantel Bonpland's bald fest anlag, bald weit zu flattern schien, berechnete Humboldt die Grösse des Gesichtswinkels, unter welchem der sich bewegende Gegenstand gesehen wurde, auf zwölf bis sieben Secunden!

Gerade dieses letzte Beispiel zeigt uns schon, dass das Betrachten einzelner Objecte nur schwierig als Mass für die Sehschärfe benützt werden kann, und wir daher bei der Frage nach dem kleinsten Gesichtswinkel auf der Unterscheidung zweier discreter Punkte oder Objecte beharren müssen.

Bei dieser Frage findet man fast durchgehends an allen Stellen, die sich mit ihr beschäftigen, als die älteste Beobachtung, welche als Anhaltspunkt genommen wird, jene von Hooke (1705) angeführt, der angab, dass das schärfste Auge kaum zwei Sterne erkennen könne, die am Auge einen Winkel von weniger als einer halben Minute machen, und dass kaum Einer von Hunderten solche zu unterscheiden vermöge, wenn der Winkel weniger als 1 Minute beträgt. Wenn nun damit gesagt sein soll, dass das Unterscheidungsvermögen zweier Sterne allgemein dann beginnt, wenn der Winkel 1 Minute beträgt, so wurde nie eine unrichtigere, man könnte sogar sagen, lügenhaftere Angabe gemacht.

---

[1]) Kosmos, 3. Band *pag. 69.*

Bei der Unterscheidung der Sterne kommt sehr viel auf ihren verhältnissmässigen Glanz an. „Ist einer von beiden“ sagt Mädler [1]), „ausgezeichnet hell, so wird man den schwächeren schwerer erkennen, als wenn beide nahe von gleicher (am besten nicht über dritter und nicht unter fünfter) Grösse sind.“ Nimmt man derartige Sterne verschiedenen Glanzes, dann bedarf es relativ ungeheuerer Distanzen, um sie zu unterscheiden. Am interessantesten in dieser Beziehung ist der kleine Stern Alcor, welcher in einer Distanz von nicht weniger als 11′ 48″ (nach Triesnecker) vom Sterne Mizar im Schwanz des grossen Bären steht und dennoch in unseren Gegenden auch von einem sehr scharfsichtigen Auge nicht wahrgenommen wird, weil er, nach Argelander ein Stern 5. Grösse, von den Strahlen des Mizar, ein Sternes 2. Grösse, „überglänzt“ erscheint. Unter anderen Himmelsstrichen ist die Unterscheidung Alcors leichter möglich; so sah ihn Alexander von Humboldt [2]) (trotz der niedrigen Stellung des grossen Bären unter den Tropen) allabendlich an der regenlosen Küste von Cumana auf den 12000′ hohen Ebenen der Cordilleren in grosser Deutlichkeit und so kommt es, dass ihn auch die Araber bereits kannten und ihn, wie der persische Astronom Kazwini mittheilt, Saidak (oder Suha) den Prüfer nannten, „weil man an ihm die Sehkraft zu prüfen pflegte.“ Wir sehen daraus, dass schon die Araber Prüfungen der Sehschärfe vorgenommen haben, sowie uns anderseits die Sternprüfung im Allgemeinen den Beweis liefert, dass die Sehschärfe des menschlichen Auges seit Jahrtausenden sich nicht geändert hat.

Ein zweiter Beweis (in gewisser Beziehung ein noch viel mehr auffallender) für die geringe Leistungsfähigkeit unseres Anges den Sternen gegenüber ist der, dass ja die 4 Jupiterstrabanten erst mit Hilfe des Fernrohres entdeckt wurden, und doch steht der grösste und in der Regel auch der hellste dritte Mond in einem Abstand von etwa 5 Minuten, der vierte, allerdings gewöhnlich lichtschwächste, in einem solchen von 8—10 Minuten vom Jupiter ab. Auch hier sind die Monde vom Hauptplaneten überstrahlt und es ist nur ein einziger Fall bekannt, dass ein Mensch die Jupitersmonde (und zwar auch nur die lichtstarken, nämlich den 1. und den 3.) mit freiem Auge erkannte. Es war diess der im Jahre 1837 zu Breslau verstorbene Schneidermeister Schön, über den Humboldt [3]) berichtet. Die Ursache, warum dieser Schneidermeister

---

[1]) Populäre Astronomie 1846, pag. 439.

[2]) Kosmos 3. Band, pag. 66.

[3]) Kosmos 3. Band, pag. 112 und 113.

die Jupitersmonde sah, ist noch viel interessanter, als die Thatsache selbst. Schön ist nämlich der einzige Mensch (mit einer Linse im Auge), von dem constatirt ist, dass er keinen irregulären Astigmatismus besessen. Schön sah nämlich Fixsterne und Planeten immer frei von Strahlen, er sah sie nicht als Sterne. sondern als leuchtende Punkte.

In der That hat das Ueberglänzen der Sterne seinen Grund nur in dem irregulären Astigmatismus, d. i. in der Unvollkommenheit des dioptrischen Systems unseres Auges. Würde das Bild eines Sternes auf der Netzhaut ein Punkt sein, dann wäre es undenkbar, dass Alcor und Mizar nicht getrennt gesehen, dass die lichtstarken und weitabstehenden Jupiterstrabanten von einem normalsichtigen Auge nicht erkannt würden. So aber ist in Folge der Unregelmässigkeiten im brechenden Apparate des Auges und namentlich in Folge der eigenthümlichen Structur der Linse das Bild eines Sternes z. B. zweiter Grösse ein vielfach verzogener „sternförmiger" Zerstreuungskreis, welcher in den ähnlichen, aber lichtschwachen Zerstreuungskreis des verhältnissmässig weit abstehenden Nebensterns hineingreift oder ihm wenigstens sehr nahe kommt, wodurch das schwache Licht des letzteren keine isolirte Wahrnehmung mehr hervorzurufen im Stande ist. Demnach wird ein Mensch, der einen möglichst vollkommenen dioptrischen Apparat im Auge trägt, auch wenn die Zapfenschicht seiner Fovea centralis keinen besonderen Vorzug besitzt, eine Sehschärfe, wie Schön, aufweisen können, und auch linsenlose Individuen mit normaler Sehschärfe dürften, natürlich durch Gläser genau corrigirt, die Sternprüfung besser bestehen, als linsenbesitzende mit vergleichbaren Augen.

Allein selbst wenn wir zur Prüfung Sterne wählen, bei welchen von einem Ueberglänzen nicht gesprochen werden kann, wenn also die betreffenden Sterne gleiche Lichtstärke aufweisen, so ist von einer Richtigkeit der Hooke'schen Angabe doch keine Rede. Die beiden mit α Capricorni bezeichneten Sterne 3. und 4. Grösse, welche $6^1/_2$ Minuten von einander abstehen, werden nach Mädler nur von guten Augen getrennt gesehen, Humboldt bezeichnet sie als ohne Mühe erkennbar, d. h. für scharfsichtige Augen. Allein doch stehen diese Sterne von nicht viel differirender Lichtstärke schon an der Grenze der isolirten Unterscheidbarkeit. Dagegen sagt Mädler von den Sternen ε und 5 Lyrae, welche beide vierter Grösse sind und 3′ 27″ von einander abstehen, dass sie selbst das schärfste Auge nicht getrennt, sondern höchstens als ovalen Stern sehe, Galle [1]) glaubt bei sehr

[1]) Humboldt, l. c. pag. 66.

heiterer Luft ε und 5 Lyrae noch mit blossem Auge zu sondern, und Aubert [1]) ist einer von den Wenigen, welche diese Sterne „unter sehr günstigen Verhältnissen, aber auch nur auf kurze Momente" zu isoliren behaupten.

Im Allgemeinen muss gesagt werden, dass ein Auge, welches normale Sehschärfe im Sinne Snellen's besitzt, welches also, wie wir sehen werden, nach Snellen's Ansicht unter einem Winkel von Einer Minute differenzirt, unter den günstigsten Bedingungen nur Sterne unterscheiden kann, die nicht weniger als fünf Minuten von einander abstehen.

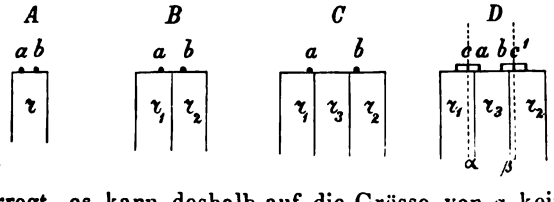
Es ist daher im höchsten Grade befremdend, wenn Helmholtz [2]) die unmöglichen Angaben Hooke's zu Grunde legend, anführt: „Die übrigen Beobachter, welche nicht an Sternen, sondern an weissen beleuchteten Strichen oder Vierecken ihre Beobachtungen angestellt haben, fanden eine etwas geringere Sehschärfe." Diese Annahme Helmholtz's von der Richtigkeit der Hooke'schen Angabe ist um so unangenehmer, als sich nicht blos „Gesetz und Rechte," sondern auch „Citate" „wie eine ewige Krankheit forterben," so dass Boettcher z. B. noch anno 1870 Gründe dafür aufführt, warum wir Sterne unter einem kleineren Gesichtswinkel, als terrestrische Gegenstände sehen, während doch factisch der Gesichtswinkel zur Unterscheidung von Sternen ein fünfmal grösserer sein muss und ein Auge, welches unter einem solchen Gesichtswinkel terrestrische Gegenstände unterscheiden würde — ein derartiges Auge würde nur Snellen Nr. 100 auf 20′ sehen! — in hohem Grade amblyopisch wäre.

Sterne, selbst solche gleicher Lichtstärke, sind aber auch kein geeignetes Object, um die Grösse des kleinsten Gesichtswinkels zu erforschen, weil nach Aubert die absolute Helligkeit der Objecte eine grosse sein muss, damit bei geringer Helligkeitsdifferenz gegen die Umgebung Unterscheidung stattfinde, dagegen bei abnehmender absoluter Helligkeit die Helligkeitsdifferenz bis zu einem gewissen Grade zunehmen muss, damit Unterscheidung möglich sei. Da aber die Helligkeit selbst eines Sternes erster Grösse absolut genommen eine sehr unbedeutende ist, so macht sich die mit der Abnahme der absoluten Helligkeit Hand in Hand gehende Abnahme des Distinctionsvermögens geltend, so zwar, das Sterne, die einen verhältnissmässig grossen Bogenabstand zeigen, nicht mehr getrennt wahrgenommen werden.

[1]) Physiologie der Netzhaut pag. 233.
[2]) *Physiologi*sche Optik pag. 216.

Dis Versuche, die unter günstigeren Bedingungen mit schwarzen kten auf weissem Papier (Hueck), mit weissen Papierquadraten auf warzem und schwarzen Quadraten auf weissem Papier (Aubert), mit llelen weissen Linien und ebenso oder ungleichbreiten schwarzen Zwienräumen (Tob. Mayer, Weber, Bergmann), mit Spinnwebfäden lkmann), mit einem gegen den hellen Himmel gerichteten Gitter schwarzen Drähten, dessen Lücken mit dem Durchmesser der Drähte reite übereinstimmten (Helmholtz) — alle die genannten Versuche, che in die Zeit vor Volkmann's neueren Experimenten (1863) über en Gegenstand fielen, liessen so viel erkennen, dass in der That Unterscheidungsvermögen des menschlichen Auges unter günstigen ingungen soweit reiche, als es Hooke fälschlich für die unter ünstigen Verhältnissen stattfindende Sternprüfung angenommen hatte, s nämlich unter einem Gesichtswinkel von 1 Minute noch deutlich erschieden werden könne. Wir können nun unter Zugrundelegung schematischen Auges die Grösse des Retinalbildes β berechnen, che einem Winkel von 1′ entspricht. Beträgt (Fig. 37) der Gesichtskel γ eine Minute, so ist natürlich auch γ' (= $a_1\ k_2\ b_1$) = 1′ und $' = 30''$. Da gleichzeitig in dem $\Delta\ a_1\ k_2\ f_2$ oder $\Delta\ b_1\ k_2\ f_2$ die hete $k_2 f_2 = 14{\cdot}858$ M^m (unter Zugrundelegung des schematischen es) gegeben ist, so können wir $a_1 f_2 = b_1 f_2 = {}^1/_2\ \beta$ (geradlinig enommen) leicht berechnen und finden auf diese Weise $\beta = 0{\cdot}0043202$ limeter. Die Frage nach den letzten percipirenden Netzhautelementen liesst sich, wenn sie gleich vorwaltend blos physiologisches Interesse . hier unmittelbar an. Wenn 2 mathematische Leuchtpunkte, deren der 4 Tausendtheile eines Millimeters von einander abstehen, noch tinct wahrgenommen werden können, so folgt daraus das Eine, dass Querdurchmesser der empfindenden Elemente kleiner sein müsse, als 04 M^m. Ist (Fig. 38. r ein solches Elent, dann wird es von nBilde eines Leuchtnkts, wenn dasselbe ch einen viel kleien Diameter als r

Fig. 38.



t. dennoch in toto erregt, es kann deshalb auf die Grösse von a kein ckschluss gemacht und ebenso nicht unterschieden werden, ob statt nes Punktes zwei, a und b, oder mehrere auf r ihr Bild entwerfen. e Empfindungen für die einzelnen Punkte confluiren, es entsteht der druck eines einzigen Leuchtpunktes. Dasselbe findet statt, wenn die

Bilder zweier Leuchtpunkte zwar auf zwei, aber unmittelbar neben einander liegende Elemente r_1 und r_2 (siehe *B*) fallen. *a* erregt r_1, *b* erregt r_2 vollständig und es kann wieder nicht empfunden werden, ob es sich um zwei isolirte Leuchtpunkte oder um Ein leuchtendes Object mit dem Durchmesser *ab* (oder noch grösserem Diameter) handelt. Erst wenn (wie in *C*) zwischen den Bildern *a* und *b* ein drittes percipirendes Element r_3 liegt, welches also vom Lichte der Punkte *a* und *b* nicht erregt wird, werden die letzteren als durch einen dunklen oder dunkleren Zwischenraum getrennt und demnach isolirt erscheinen. Nehmen wir den Leuchtpunkten den Charakter der mathematischen oder statt derselben leuchtende Objecte, so werden ihre Bilder *a* und *b* sicherlich distinct wahrgenommen werden, wenn ein intactes Element zwischen sie fällt. Allein es können, wenn nur der Helligkeitsunterschied gegen ihren Zwischenraum ein bedeutender ist, also wenn z. B. 2 weisse Streifen, die durch einen schwarzen gleich breiten getrennt sind, als Probeobject dienen, die Bilder der weissen Streifen noch etwas über das Element r_3 (in *D*) hinübergreifen und doch kann dieses weniger Licht empfangen, als die Elemente r_1 und r_2, und es können daher die zu *a* und *b* gehörigen Objecte noch immer durch einen dunklen Streifen getrennnt erscheinen. Dieses hat allerdings bald seine Grenzen. Wenn die Hälfte jedes Leuchtbildes also *ac* und bc^1 auf r_3 fielen, wenn also r_3 einen Durchmesser cc^1 hätte, dann würde es mehr Licht erhalten, als jedes der Nachbarelemente, und es könnte die Wahrnehmung nicht gesondert sein. Daraus folgt nach Helmholtz, dass das percipirende Netzhautelement r_3 einen Durchmesser $\alpha\beta$ habe, der zwar grösser als *ab*, d. i. grösser als der Abstand der zugekehrten Grenzen der beiden Leuchtbilder sein kann, aber in jedem Falle kleiner als cc^1 d. i. kleiner, als der Abstand der beiden Bildmittelpunkte von einander, sein muss. Bei der Berechnung des kleinsten Gesichtswinkels soll dieses Verhältniss gleichfalls in Betracht gezogen werden. Würde man den Abstand der erwähnten beiden hellen Streifen von einander als Object nehmen, so würde der Gesichtswinkel zu klein ausfallen, und Helmholtz hat desshalb als Breite des Probeobjectes den Abstand der Mittellinien zweier Nachbarobjecte (also z B. die Mittellinien der zwei hellen durch einen dunkeln getrennten Streifen) von einander angenommen, darnach den Gesichtswinkel berechnet und die Angaben anderer Autoren corrigirt.

Die Grösse des kleinsten Netzhautbildes, welche sich hiebei wie wir sahen herausstellte, die Grösse von 0·00432 M^m. war sehr wohl der Annahme verträglich, dass die Zapfen des gelben Fleckes die

einheiten darstellen, selbst wenn wir den Durchmesser des Zapfenpers in der Fovea centralis zu Grunde legen.

Für den Durchmesser des Zapfenkörpers in der Fovea centralis en nämlich folgende Messungen vor. Für die dünnsten Zapfen derselben l **Max Schultze** an erhärteten Präparaten 0·002—0·0025 M^m.[1]) er später frische Affennetzhäute untersuchte und feststellte, dass e Elemente der Fovea, welche er frisch zu 0·0028 M^m. mass, in **Müller**'schen Flüssigkeit ein wenig schrumpfen und nach der Erung nur 0·0025 M^m. massen," nahm er auch für den Durchmesser von ihm gemessenen menschlichen Retinalzapfen die Grösse von)28 M^m. als wahrscheinlich an[2]). H. **Müller**[3]) fand übereinstimmend, s an Flächenansichten frischer wie erhärteter Präparate, sowie an nitten die Zapfen gegen die Mitte des gelben Flecks 0·003 M^m. an ke nicht überschreiten, wohl aber noch mit etwas geringerem Durchser vorkommen, und **Welcker**[4]) mass an den Augen eines 64jährigen ines in der ersten Stunde nach der Hinrichtung die Zapfenbreite Mittel zu 0·0033 M^m. Spätere Messungen wiederum von Seite Max ultze's[5]) schliessen sich diesen Zahlen vollkommen an. Er fand die Zapfenkörper der Fovea, wenn er 4 oder 5 zugleich mass und erhaltene Zahl theilte, 0·0033—0·0036 M^m., und eine etwas geringe Zahl, falls die Elemente einzeln gemessen wurden. Für diesen l zeigte sich in 2 exstirpirten Augen eine Breite von 0·003 M^m., anderen conservirten Präparaten von 0·003—0·0034 M^m.

Wenn wir also den Durchmesser des Zapfenkörpers mit 0·003 M^m. anmen, so wäre damit, falls die Grösse des kleinsten Netzhautbildes)04 M^m. beträgt, die Bedeutung der Zapfen als letzte Seheinheiten türlich gewahrt.

Einen Moment lang schien es jedoch, als sollte die schöne Theo-, dass die Zapfen die ersten Angriffspunkte für das Licht seien, n Resultaten physiologischer Untersuchungen erliegen müssen; es war es zur Zeit, als **Volkmann** (1863) neue Experimente in Betreff der hschärfe anstellte, und dabei hervorhob, dass die Irradiation bei r Bestimmung des kleinsten Gesichtswinkels eine wichtige, bis dahin

---

[1]) Sitzungsberichte der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und ilkunde, Juli 1861.

[2]) Dessen Archiv 2. Band pag. 224.

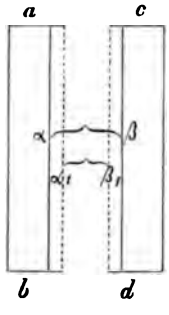
[3]) **Würzburger** naturw. Zeitschrift 2. Band pag. 219.

[4]) Zeitsch. für rat. Medicin 3. Reihe B. XX. pag. 176.

[5]) Archiv. 2. Band, *pag. 227, 228 und 229.* Siehe auch Retina, pag. 1023.

nicht berücksichtigte Rolle spiele. Er sagt: Sind (Fig. 39) *ab* und *cd* zwei Linien, zwischen ihnen der Raum $\alpha\beta$, so dient die Breite $\alpha\beta$ dieses Zwischenraumes als Object, und aus der Grösse von $\alpha\beta$ und der Distanz, in welcher der mittlere Streifen verschwindet, wird der Gesichtswinkel, resp. das kleinste Netzhautbild berechnet. Dies ist aber unrichtig, weil durch die Irradiation die Linien *ab* und *cd* verbreitert und daher im Netzhautbilde nicht ihre wirkliche Distanz $\alpha\beta$, sondern die durch die Irradiation verkleinerte Distanz α_1 β_1 in Betracht kommt. Das Object ist also kleiner, daher auch das kleinste Netzhautbild, sowie der kleinste Gesichtswinkel kleiner, als man bisher annahm. Es muss demnach, um die Wahrheit zu ergründen, zuerst die Irradiationsgrösse berechnet und von der Distanz $\alpha\beta$ der Objecte abgezogen werden, um die wirklich in Betracht kommende Grösse des Objectes zu erhalten. Indem nun Volkmann bei seinen Versuchen, zu welchen zwei feine, vollkommen parallel zu einander laufende, gegen den Himmel gerichtete Silberdrähte verwendet wurden, diese Irradiationsgrösse berechnete, kam er zu sehr kleinen Werthen und zu dem Resultate, dass auf einem Zapfenquerschnitt wenigstens 3 gesonderte Lichtperceptionen stattfinden müssen. Damit wäre natürlich die Bedeutung der Zapfen als Scheinheiten über den Haufen geworfen. Allein die Schlussfolgerung Volkmann's ist in jedem Falle unrichtig. Bergmann (1865) wendete sich gegen die Bedeutung der Irradiation, ebenso zeigte Aubert (1865), dass die Formel Volkmanns für die Berechnung des kleinsten Retinalbildchens nicht ohne Bedenken sei und kam nach Eliminirung des Fehlers bei seinen eigenen erneuerten Beobachtungen wieder zu einem Gesichtswinkel von ungefähr 1 Minute, und auch Helmholtz, der, wie wir ja sahen, nicht den Abstand der Objecte, sondern den Abstand ihrer Mittellinien bei den hierher gehörigen Berechnungen zu Grunde legt, konnte eben schon aus letzterer Ursache den Auseinandersetzungen Volkmann's nicht beistimmen. Im Gegentheile zeigten neue, durch Helmholtz angeregte Versuche Hirschmann's (1867), dass der Gesichtswinkel unter den günstigsten Bedingungen etwa 50 Sekunden betrage.

Fig. 39.



Aber selbst zugegeben, dass Volkmann's Bestimmungen des kleinsten Gesichtswinkels richtig wären, würde daraus noch durchaus nicht folgen, dass die Zapfen nicht die Scheinheiten sind. Auf den Zapfenkörpern sitzen nämlich gegen die Chorioidea hin, durch *hwarzes* Pigment von einander getrennt, die konischen Zapfenstäbe

mit ihrer geschichteten Structur, und diese sind es, für welche, wie wir sahen, Hensen zuerst mit aller Entschiedenheit die schon von Max Schultze muthmasste Bedeutung der allein das Licht empfindenden Elemente in Anspruch nimmt, eine Ansicht, der sich Helmholtz zuneigt und welche Max Schultze nunmehr selbst vertritt. Diese Zapfenstäbe nun sind unendlich fein, der Durchmesser ihrer Spitzen beträgt nach Max Schultze nur $^1/_6$—$^1/_5$ des Durchmessers des Zapfenkörpers [1]). Mit der wohl begründeten Annahme, dass diese Zapfenstäbchen die empfindenden Elemente seien, können nicht blos Sehschärfen, wie die von Volkmann angegebenen, falls seine Werthe richtig wären, erklärt werden, sondern wir müssen sogar, anstatt wegen der Kleinheit des kleinsten Gesichtswinkels den Zapfen, wie dies Volkmann thut, ihre wohl erworbene Bedeutung zu nehmen, die Spitze umkehren und uns fragen, wie es, auch wenn wir die Unvollkommenheiten des dioptrischen Apparates berücksichtigen, kommt, dass bei dieser Feinheit der letzten Enden der Sehnervenfasern unser Distinctionsvermögen im Allgemeinen ein verhältnissmässig so geringes sei.

Schon der letzteren Thatsache wegen halte ich es für das Wahrscheinlichste, dass das deutliche Bild nicht an der Spitze, sondern auf der inneren Fläche des empfindenden Zapfenstabes, also der scharf geschnittenen Grenzfläche zwischen Zapfenkörper und Zapfenstab entworfen wird, auf jener Grenzfläche, deren Durchmesser von Max Schultze auf 0·001 M^m, also auf den dritten Theil des Durchmessers des Zapfenkörpers geschätzt wird, und daher selbst eine Volkmann'sche Sehschärfe erklären würde.

Wollten wir nicht handwerksmässig an die Lösung der Frage gehen, wie der Augenarzt in praxi die Bestimmungen der Sehschärfe vornimmt, war es nothwendig einen Ueberblick über jenen Theil der physiologischen Seite der Frage zu halten, der uns hier interessirt.

Es ist klar und braucht nicht erst des Längern erörtert zu werden, dass wir für praktische Zwecke auch praktischer Sehproben bedürfen, dass wir nicht mit Drahtgitter, Spinnwebfäden und silbernen Drähten die täglichen Bestimmungen über die Sehschärfe des Auges vornehmen können. Es ist auch einleuchtend, dass es sich bei derartigen Prüfungen nicht darum handelt, die äusserste Grenze, sondern vielmehr das normale Mittel der Distinctionsfähigkeit festzustellen, also zu entscheiden, ob das betreffende Auge eine noch als normal zu betrachtende Sehschärfe, oder eine pathologische und dann in welchem Grade (im

[1]) Nach Max Schultze's *neuesten Angaben* (Retina, pag. 1023) allerdings $^1/_3$ (0·001 M^m).

Vergleich zum normalen Mittel) herabgesetzte besitzt. Einzeln stehende Buchstaben, zusammenhängende Schrift, Zeichen und Punktgruppen werden hierbei mit Erfolg verwendet werden können, wenn es nur gelingt, anzugeben, in welcher Entfernung d. i. unter welchem Gesichtswinkel die betreffenden Proben von normalsichtigen Augen erkannt werden.

Haben auch in früherer Zeit die Augenärzte sicherlich das Bedürfniss gefühlt, verschieden grosse Schriften zur Anwendung zu ziehen, um sich beiläufig eine Vorstellung über das Sehvermögen ihrer Patienten zu verschaffen, so war doch, wie bekannt, Eduard Jäger (1854) der Erste, welcher eine ganze Reihe, nämlich 20, der Grösse nach abgestufte Leseproben (von der feinsten Diamantschrift bis zu einer Buchstabenhöhe von $^3/_4$ — 1 Zoll) veröffentlichte, welcher er später noch ein Supplement, die Nummern 21 — 24, folgen liess. Eine äusserst compendiöse Taschenausgabe dieser „Schriftscalen" (mit Zollstab und Bleistift, sowie mit einem Pergamentblatt zur Notirung der gefundenen Resultate versehen) ist wohl das Vademecum jedes Augenarztes. Die Jäger'schen Schriftscalen haben sich eine ungeheuere Verbreitung erworben, sie sind fast in allen civilisirten Sprachen erschienen und konnten, trotzdem dass man ihnen Principienlosigkeit zum Vorwurfe macht, für gewisse Zwecke durch keine anderen bis jetzt verdrängt werden.

Im Jahre 1854 fügte auch Smee seinem Buche „über das gesunde und kranke Auge" Probebuchstaben bei, und 1855 hing Stellwag von Carion seiner bekannten Arbeit über „die Accommodationsfehler des Auges" eine sehr schön gedruckte Tafel mit 18 Sehproben an, aus welchen bereits dasselbe Princip, das Giraud-Teulon und Snellen später (1862) zur Geltung brachten, ersichtlich ist. Snellen's Sehproben, theils einzelne Buchstaben, theils zusammenhängende Schrift enthaltend, haben Epoche gemacht. Mit ihrer Hilfe war man zuerst in der Lage, die Sehschärfe durch eine Zahl auszudrücken. Nach Snellen's Tafeln hat noch Green eine ähnliche anfertigen zu sollen geglaubt. Endlich hat das Jahr 1870 noch drei hierher gehörige Erscheinungen aufzuweisen. „Kurze Anleitung zur Untersuchung der Sehschärfe" heisst eine Schrift von Prof. Dr. H. Dor. ist aber gar nichts anderes, als — ein Snellen in der Westentasche. Dagegen bringen die „Internationalen Sehproben" Burchardt's und die „Geometrischen Sehproben" Böttcher's statt der Schriftproben, welche aber bei Böttcher gleichzeitig in der gewöhnlichen Form zu finden sind, als Sehobjecte Gruppen von runden Tüpfeln, resp. kleinen Vierecken und Quadraten. Wie Burchardt angibt, hat er die Idee zu seinen Sehproben ähnlichen, die Striedinger 10 Jahre *[illegible]ier veröffentlichte*, entnommen.

Das Princip der Snellen'schen Probebuchstaben ist folgendes: Ein Auge mit normaler Sehschärfe, sagt Snellen, kann Buchstaben unterscheiden, falls dieselben unter einem Gesichtswinkel von 5 Minuten erscheinen. Wählt man quadratische Buchstaben, deren einzelne Striche eine Dicke gleich $^1/_5$ ihrer Höhe haben, dann geben sich bei einem Gesichtswinkel von 5′ die einzelnen Striche der Buchstaben unter einem Winkel von 1 Minute. Allerdings sind die Lettern Snellen's nicht so gewählt, was übrigens auch nicht möglich ist, dass zur Erkennnung derselben stets die gleich Sehschärfe erforderlich wäre. Es kommt natürlich viel auf die Form der Buchstaben an. Um das O einer bestimmten Grösse auf eine bestimmte Entfernung zu sehen, bedarf es einer geringeren Schärfe, als um das C von diesem O oder das G vom C zu unterscheiden, oder im A oder Y die obere Lücke zu erkennen. Die Lücke: *ab* in C erscheint, wenn der ganze Buchstabe unter einem Winkel von 5′ steht, unter einem solchen von 1′, und nur Derjenige, der dabei das C sicher erkennt und vom O, sowie vom G sicher differenzirt, der das Y nicht für ein T hält, erfüllt Snellen's Postulat, unter einem Winkel von 1′ zu unterscheiden. Hierzu muss aber gleich bemerkt werden, dass bei dem Erkennen von Buchstaben noch andere Verhältnisse, über die wir später noch ein Wort sagen wollen, mitspielen und dass Buchstaben wie C und G unter diesen Umständen noch immer unvergleichlich leichter erkannt werden, als zwei discrete Punkte, die 1 Minute Abstand haben.

Im Allgemeinen muss man also nach dem Gesagten bei der Sehprüfung darauf achten, ob das betreffende Auge sämmtliche, auch die einander ähnlichsten Buchstaben unter einem Winkel von 5 Minuten anzugeben im Stande ist, und es ist daher nicht zu billigen, dass Snellen in seiner letzten Ausgabe die schwer unterscheidbaren Lettern Y, C, G, in der Reihe XX weggelassen und durch leichter erkennbare ersetzt hat. Es sei hier auch gleich erwähnt, dass schwarze Buchstaben auf weissem Grunde leichter zu unterscheiden sind, als weisse auf schwarzem, und dass die Angaben über Sehschärfe sich immer auf die Buchstaben ersterer Art beziehen.

Snellen's Probelettern, wenigstens die kleineren derselben, stehen zu mehreren je in einer Reihe, über welcher eine Zahl sich befindet, die angibt, in welchem Abstande (in Pariser Fussen gerechnet) die betreffende Buchstabenreihe unter einem Winkel von 5′ erscheint. Um also z. B. die Schrift XX unter dem genannten Winkel zu sehen, muss man sich 20 P. F. von derselben entfernen. Die Sehschärfe (S) wird ausgedrückt durch einen Bruch, in dessen Nenner *die Zahl D* steht, welche über der zur

Prüfung verwendeten Buchstabenserie zu lesen ist, und dessen Zähler jene Zahl (d) enthält, welche in Pariser Fussen den äussersten Abstand angibt, in welchem die betreffenden Buchstaben von dem untersuchten Auge factisch noch deutlich und scharf erkannt, nicht blos unsicher enträthselt werden. Es ist also $S = \frac{d}{D}$.

Die Grösse des Objectes, dividirt durch den Abstand desselben vom ersten Knotenpunkte, gibt das Mass für die Sehschärfe, und die letztere ist insoferne gleich der Tangente des Gesichtswinkels oder genauer der doppelten Tangente des halben Gesichtswinkels. Ist (Fig. 37) ac die Grösse des Objectes, ck_1 dessen Abstand vom ersten Knotenpunkte, in welchem ac eben noch deutlich erkannt wird und ak_1c der Gesichtswinkel, so ist $S = \frac{ac}{ck_1} = \frac{\sin.\ ak_1c}{\cos.\ ak_1c} = \text{tang.}\ ak_1c$. Lassen wir bei grösseren Objecten die Gesichtslinie cf_2 die Mitte c des Objectes ab treffen, und den Gesichtswinkel γ halbiren, dann ist $S = \frac{ac + bc}{ck_1} = 2\ \text{tang.}\ ^1/_2\ \gamma$.

Die Buchstabenreihen der grossen Snellen'schen Tafel zeigen je nach ihrer Grösse über sich die Zahlen: CC, C, LXX, L, XL, XXX, XX. Auf kleineren Tafeln finden sich dann noch ausserdem die Nummern: XV, XII, X, VIII, VII, VI, V, IV, III, II, I.

Dass von jener Schrift, die auf 200′ unter einem Winkel von 5′ erscheint, nur ein einziger und bei der 100′-Schrift nur 2 Buchstaben sich vorfinden, ist bedauerlich, und es wäre wünschenswerth, dass bei einer neuen Auflage der Proben eine eigene, mehrere dieser grossen Schriftzeichen enthaltende Tafel beigegeben würde, weil bei herabgesetzter Sehschärfe diese Lettern natürlich, auch wenn die Prüfung auf 20 oder 10′ vorgenommen wird, häufig in Betracht kommen und das Angeben oder Errathen eines einzigen Buchstaben uns noch keinen berechtigten Schluss in Betreff der Sehschärfe gestattet.

Die Proben werden für die Entfernung vorgenommen und zwar, wenn es nur die Räumlichkeit des Locales erlaubt, gewöhnlich auf 20 Fuss. Würden die Buchstaben XX in dieser Entfernung deutlich erkannt, dann ist nach dem früher Gesagten die Sehschärfe: $S = \frac{20}{20} = 1$. Die Sehschärfe ist normal. Das Auge distinguirt die Buchstaben unter einem Winkel von 5 Minuten.

Sieht ein Auge auf 20′ nur Nr. XXX, dann besteht $S = \frac{20}{30} = ^2/_3$.

de dagegen Nr. XV noch auf 20′ erkannt, dann gäbe es eine Seh-

schärfe $\frac{20}{15} = 1^1/_3$. Würde XX noch auf 30′ gesehen, dann wäre $S = \frac{30}{20} = 1^1/_2$, würde dagegen auf 20′ nicht einmal 200 gesehen, dann wäre S in jedem Falle $< \frac{20}{200}$, also kleiner als $^1/_{10}$. In dem letzteren Falle müsste das Auge der Tafel nähergebracht werden und würde z. B. erst bei 10′ Abstand das Erkennen der Buchstaben: 200 eintreten, dann wäre $S = \frac{10}{200} = \frac{1}{20}$. Durch diese Ausdrucksweise bekommen wir also sehr bequeme und leicht vergleichbare Werthe für die Sehschärfe. Wenn es in den angeführten Beispielen heisst: Die Sehschärfe ist $^2/_3$, resp. $^1/_{20}$, andererseits wieder $S = 1^1/_3$, resp. $1^1/_2$, so sind diese Werthe eben im Vergleiche mit der im Durchschnitt (nach Snellen) als normal zu betrachtenden S zu nehmen, und es ist insoferne durchaus kein Widerspruch, von einer grösseren als normalen Sehschärfe zu sprechen, da Snellen nicht die grösste Sehschärfe, die er überhaupt je beobachtet, als $S1$ aufstellte, sondern vielmehr jene, wie sie einem Auge zukommen kann, ohne dass seiner Ansicht nach dieselbe als pathologisch herabgesetzt angesehen werden müsste.

Snellen führt endlich noch folgende Bezeichnungen ein. Da von einander stehende Finger, vor einen dunklen Hintergrund gehalten, ungefähr der Schrift 200 gleich kommen, so kann das Zählen der Finger dem Erkennen von Nr. 200 gleich gesetzt, daher, wenn Finger z. B. auf 5′ gezählt werden, S als $\frac{5}{200}$ betrachtet werden. Da ferner ein normal sehendes Auge die Bewegung der Hand vor dunkler Fläche noch auf 1000′ wahrnimmt, so kann, wenn Bewegung der Hand etwa nur noch auf 2′ Abstand gesehen wird, $S = \frac{2}{1000}$ angenommen werden. Ist nur noch quantitative Lichtempfindung vorhanden, „muss folglich der Sehwinkel unendlich gross gemacht werden," so schreibt Snellen in solchem Falle „der Kürze wegen" $S = \frac{1}{\infty}$; endlich wird $S = 0$, wenn selbst quantitative Lichtempfindung fehlt. Hier wollen wir aufmerksam machen, dass so wenig als wir die letzten Brüche $\frac{5}{200}$, $\frac{2}{1000}$ kürzen, ebenso wenig die bei der *Bestimmung der* Sehschärfe überhaupt gewon-

nenen Werthe gekürzt werden, indem, wenn wir schreiben: $S = \frac{20}{30}$ damit nicht blos gesagt ist, dass S $^2/_3$ besteht, sondern gleichzeitig, dass die Sehprüfung an Nr. XXX, das auf 20′ erkannt ward, vorgenommen wurde, die Angabe daher an der betreffenden Probe controlirt werden kann. Ferner muss bemerkt werden, dass Snellen's Werthe für Pariser Mass genommen sind. Wenn also $S = \frac{20}{20}$ ist, wobei der Zähler des Bruches 20 Pariser Fuss bedeutet, so ist dieser Werth grösser, als wenn wir, die wir die Abstände in Wiener F. abgemessen haben, den gleichen Werth schreiben. Noch mehr tritt die Differenz in den englischen und nordamericanischen Angaben, bei welchen der englische Fuss zu Grunde liegt, hervor, doch ist dieselbe selbst da nur unbedeutend. Immerhin wollen wir aber hier in's Gedächtniss rufen, dass 20 Pariser Fuss = *c.* 20$^1/_2$ W. F. = *c.* 20$^3/_4$ Preuss. F. = *c.* 21$^1/_3$ Engl. F. sind, daher die Untersuchungen mit Rücksichtnahme auf die genannten Werthe vorgenommen werden sollten.

In Snellen's Schriftscalen finden sich ausser den Probebuchstaben auch zusammenhängende Leseproben, über denen gleichfalls eine Zahl, die Pariser Fusse bedeutet, die Entfernung angibt, in der sie unter einem Winkel von 5′ erscheinen, und für Diejenigen, welche lateinische Buchstaben nicht kennen, kann man daher die Sehschärfe an Schrift XX prüfen, doch muss bemerkt werden, dass wie der Versuch zeigt, die quadratischen, weit von einander abstehenden Buchstaben XX leichter erkannt werden, als die Schrift XX, deren Worte aus zu eng aneinander stehenden Lettern gebildet werden, gelesen wird. Wenn z. B. auf 20′ Buchstaben XX sicher angegeben werden, wird Schrift XX nur auf eine Entfernung von 16′ sicher gelesen. Dieses Verhältniss der Erkennbarkeit der Buchstaben zu jener der Schrift von 20:16 ist bei Sehproben wohl zu berücksichtigen. Weiters ist in der englischen Ausgabe (warum nicht auch in der deutschen?) für Solche, welche gar nicht lesen können, eine Tafel beigegeben, welche statt der Buchstaben leicht zu beschreibende Zeichen in derselben Grössenanordnung, wie die Buchstabentafel enthält, und wenn gleich auch diese Zeichen nicht so gewählt sind, dass die Erkennbarkeit für alle gleich gross wäre, so ist dieselbe doch sehr praktisch und wir müssen bei unseren klinischen Patienten einen weit ausgedehnteren Gebrauch von derselben, als von der Buchstabentafel machen. Endlich enthält Snellen's letztgenannte Ausgabe auch noch die einfachsten Sehproben, nämlich Gruppen von

rundlichen Tüpfeln, schwarze auf weissem und weisse auf schwarzem Grunde, die auf 54′ unter einem Winkel von 1′ erscheinen.

Wir zollen den Sehproben Snellen's, wenn überhaupt Buchstaben zu Sehprüfungen verwendet werden sollen, unbedingtes Lob. Wenn auch die technische Ausführung vielleicht noch Manches zu wünschen übrig lässt, im Grossen und Ganzen erfüllen sie ihren Zweck.

Der Einwurf, dass die ungewöhnliche Formen der quadratischen lateinischen Buchstaben schwer erkennbar seien, ist nicht stichhaltig. Ich habe in dieser Richtung noch keinen Anstand gehabt — natürlich bei Leuten, die überhaupt lateinische Buchstaben kennen. Für Jene, die es bis zu dieser Bildungshöhe nicht gebracht haben, ist die Zeichentafel da. Die deutsche Schrift XX ist, wie wir sahen, den Buchstaben nicht gleichwerthig, und ist auch die grösste der Schriftproben, es sind also keine Analoga für die Buchstabenreihen von XXX aufwärts vorhanden, sie wird desshalb im Allgemeinen nicht verwendet, doch werden wir bald entsprechende Schrifttafeln kennen lernen.

Eine Frage ist zu entscheiden, und die geht dahin, ob das von Snellen angenommene Mass für die normale Sehschärfe das richtige ist. Eines können wir sofort aussprechen, zu gross ist das Mass nicht. Ist es aber nicht zu klein? Man sollte glauben: nein, wenn man bedenkt, dass ja die physiologischen Experimente auch beiläufig einen Winkel von 1 Minute, resp. 50 Sekunden als kleinsten im Durchschnitte ergeben haben.

Allein mit dem Erkennen von Buchstaben, und auch von Zeichen, die nicht aus Punkten, sondern aus Strichen zusammengesetzt sind, hat es sein eigenes Bewandtniss. „Es ist" sagt Aubert, „sehr schwierig, sich dessen bewusst zu werden, was man bei der Wahrnehmung eines Buchstaben wirklich sieht und was man aus der Vorstellung ergänzt." „Das vermittelnde Glied zwischen Vorstellung und Sinneseindruck scheint mir zum Theile in den Bewegungen unseres Auges liegen zu können" und „desshalb dürfen wir keine Schlüsse aus der Wahrnehmbarkeit von Buchstaben direct auf die Grösse der Netzhautelemente machen."

Ebenso ist Helmholtz geneigt, die unverhältnissmässig leichte Erkennbarkeit von Buchstaben dem Umstande zuzuschreiben, dass „bei Bewegungen des Auges das Bild eines Buchstaben sich nach einander auf verschiedenen Gruppen von Zapfen und in relativ verschiedener Lage zu den einzelnen Zapfen abbilden kann."

Indem wir einfach das Factum der verhältnissmässig leichten Erkennbarkeit von Buchstaben *und Zeichen* gegenüber discreten Punkten

constatiren, ohne uns auf eine physiologische Erklärung einlassen zu wollen, begreifen wir demnach, dass Jener, der Nr. XX auf 20′ erkennt, wie schon früher angedeutet wurde, lange nicht im Stande ist, einzelne Punkte mit einem Abstand von 1 Minute zu unterscheiden. Am klarsten kann man sich dies an Snellen's Sehproben selbst vergegenwärtigen. Wenn man die oben erwähnte Tafel von Snellen, welche Gruppen von schwarzen runden Punkten auf weissem Grunde enthält, derart dass der Durchmesser, so wie der gegenseitige Abstand der letzteren in einer Entfernung von 54′ unter einem Winkel von 1′ erscheint, prüft und damit z. B. die Buchstaben- oder Zeichenreihe XX vergleicht, so kommt man zu dem Resultate, dass Jemand, der die Buchstaben XX auf 20′ vollkommen scharf sieht, ja dieselben selbst noch auf dreissig Fuss zum Theile richtig angibt, ich sage, dass dieser, der also doch die Punkte der Tüpfelgruppen wenigstens auf 54′ zu zählen im Stande sein sollte, dies nur auf fünfunddreissig Fuss zu thun vermag. Es ist also ein grosser Irrthum, derartige Sehproben parallelisiren zu wollen, und sowie aus dem eben Erwähnten hervorgeht, dass ein scharfsichtiges Auge unter gewöhnlichen Bedingungen lange nicht unter einem Gesichtswinkel von 1′ zu sehen braucht, um die Prüfung mit den Snellen'schen Buchstabenproben zu bestehen, ja sogar eine grössere Sehschärfe als 1 darzubieten, drängt sich andererseits die Frage auf, ob unter solchen Umständen die Distanzen, in welchen die Snellen'schen Proben vom Auge mit normaler Sehschärfe erkannt werden sollen, nicht zu klein sind. Wir dürfen, wie schon Anfangs erwähnt, nicht Extreme in Betracht ziehen. So handelt es sich sicher um eine aussergewöhnliche Sehschärfe, wenn Joy Jeffries [1]) angibt, dass er Nr. VIII Snellen noch auf 20′ grösstentheils zu erkennen, Nr. XV Snellen auf 32′ „fluently" zu lesen und Nr. XX noch auf 53′ zu entziffern im Stande sei! Freilich vergisst Jeffries dabei auf den Unterschied zwischen dem Pariser und dem englischen Mass (auf welch' letzteres sich sicherlich seine Angaben beziehen), aber 53 engl. Fuss sind noch immer *c.* 49 P. F. und das ist in der That für den vorliegenden Fall eine riesige Zahl. Wäre die Sehschärfe im Durchschnitte so gross, wie die angeführte, dann wäre die Snellen'sche Ausdrucksweise natürlich vollkommen unbrauchbar. Die genannte Sehschärfe ist aber eine Ausnahme. Andererseits ist es jedoch sicher, dass wir das Snellen'sche Mass als das an der äussersten Grenze des normalen stehende ansehen müssen, denn Snellen's Buchstabenreihe XX wird

[1]) *Transactions* of the Amer. ophthalm. society. New-York 1869. pag. 44.

von einem wirklich in Betreff der Sehschärfe normalen jugendlichen Auge in der Regel in einer grösseren Entfernung als 20′, nicht selten auf 30′ sicher gelesen. Trotz der letzteren Thatsache aber sind die vergleichenden Untersuchungen noch nicht so weit gediehen, dass wir heute schon berechtigt wären, die Snellen'sche Sehschärfe $\frac{20}{20}$ als pathologisch gering anzusehen, und ein grösseres Mass als Normalmass an ihre Stelle zu setzen.

Wir werden sicherlich durch das Festhalten an Snellen's Normalmass in vielen Krankheitsfällen irregeführt, in denen wir noch $S = \frac{20}{20}$ finden und desshalb die Sehschärfe für normal erklären, während sie doch gut um ein Dritttheil gesunken sein kann, da $S \frac{30}{20}$, wie eben erwähnt, nicht zu den Seltenheiten gehört. Aber, wir wiederholen, wir können gegenwärtig doch noch nicht dem Masse Snellen's ein anderes substituiren, weil die in Rede stehende Frage noch nicht soweit gelöst ist, um mit Bestimmtheit Snellen's Mass im Durchschnitte als zu gering hinzustellen.

Den ersten Schritt zur endgiltigen Lösung hat, wie wir sehen werden, zwar bereits Vroesom de Haan gemacht, aber die Anzahl der von ihm untersuchten Augen ist für den vorliegenden Zweck eine viel zu geringe. Tausende und aber tausende normaler Augen jugendlicher Individuen von 18—25 Jahren müssten bei einem bestimmten Beleuchtungsgrade in Betreff ihrer Sehschärfe untersucht werden, um zu einem sichern Resultate zu gelangen. Es ist dies allerdings eine sehr langwierige und ermüdende Arbeit, deren Ausführung jedoch durch eine von mir ausgehende Initiative gesichert ist.

Bis das Problem in der angedeuteten Weise gelöst sein wird, bleibt uns vorläufig nichts anderes übrig, als die Snellen'sche Bezeichnungsweise beizubehalten, wobei wir aber die gefundenen Werthe vor Allem mehr als relative, denn als absolute Masse in Betracht ziehen, und wenn ein jugendliches Individuum bei guter Beleuchtung auf keine grössere Entfernung als auf 20′ die Buchstaben XX anzugeben vermag. die Sehschärfe zwar noch als normal, aber an der Grenze des Normalen stehend betrachten.

Nur langsam schreiten wir in dem wichtigen Capitel über Sehschärfe vorwärts, und doch haben wir noch so Vieles zu überwinden. Zunächst muss über die Jäger'schen Schriftscalen, die ältesten und ersten ihres Genres, und dann über *die neuesten* Proben von Burchardt

und Böttcher Etwas gesagt werden. Bei den Jäger'schen Scalen, bei welchen bisher nicht angegeben ist, in welchem Abstande die einzelnen Schriften vom normalsichtigen Auge erkannt werden sollen, hat sich doch bereits durch langjährigen Gebrauch ich möchte sagen eine beiläufige Regel selbst gebildet.

Sowie wir für die Sehprüfungen auf Distanz uns der Snellen'schen Proben bedienen, so werden andererseits bei den Prüfungen für die Nähe in der Regel die Jäger'schen Scalen in Anwendung gezogen. Die grosse Auswahl in ihnen erlaubt sehr gute relative Angaben. Indem wir durch Erfahrung wissen, dass die Jäger'sche Schrift Nr. 1 von einem normalsichtigen Auge auf 15" leicht gelesen werden muss, haben wir hierin ein Mass an die Anforderung der Sehschärfe des Normalauges und falls es heisst, es wird auf 8" z. B. nur noch Jäger Nr. 8 oder 16 oder 23 gelesen, so gibt das Demjenigen, der sich in die Jäger'schen Proben hineingelebt hat, einen sehr guten relativen Anhaltspunkt. Wer übrigens den Snellen'schen ähnliche, mehr absolute Werthe mit diesen Proben erhalten will, der scheue nicht die Mühe. direct zu prüfen, bis zu welcher Entfernung dieselben von einem normalsehenden Auge sicher erkannt werden. Zehender hat sich die Mühe genommen, die Höhe der Buchstaben der einzelnen Jäger'schen Schriftproben zu messen und daraus die Entfernungen zu berechnen, in welchen dieselben beiläufig unter einem Winkel von 5' erscheinen, um sie so den Snellen'schen Buchstaben zu parallelisiren. Diese Methode führt aber nicht zu richtigen Resultaten. Wie Snellen selbst den Fehler beging, seine Schrift XX den Buchstaben XX gleichzustellen, während die Schrift die Zahl XVI führen sollte, ebenso und aus demselben Grunde stehen die von Zehender gewonnenen theoretischen Befunde mit den Erfolgen der praktischen Prüfung in Widerspruch. Während z. B. die Schrift 18 Jäger nach Zehender noch auf 30', Schrift 17 auf 24' erkannt werden sollte, wird die erstere Schrift von einem Auge, das Snellen's Buchstaben XX auf 20' liest, auch nur auf 20' erkannt, Schrift 17 aber auf diese Distanz noch nicht gelesen. Da wir uns bei der physicalischen Untersuchung der Augen jede mögliche Erleichterung angedeihen lassen sollen, so ergreife ich diese Gelegenheit, besonders darauf aufmerksam zu machen, dass die Jäger'sche Schrift 18 den Buchstaben XX Snellen eben entspricht, und sich daher für Sehschärfebestimmungen mit Snellen'schen Werthen vollkommen in den Fällen eignet, in welchen Snellen's Buchstaben nicht zu Gebote stehen oder nicht gekannt werden. Zu diesem empirischen Werthe der Schrift *18 Jäger ist* übrigens schon Karst gelangt, der 17 und 18 Jäger

= XX Snellen setzte, der auch für die übrigen Schriftproben Jäger's auf empirischem Wege die entsprechenden Snellen'schen Werthe bestimmte. Für die Bestimmung der Sehschärfe in die Ferne ist es gut noch weiterhin zu wissen, dass nach Karst J. 19 = Sn. XXX, J. 20 = Sn. L, J. 21 = Sn. LXX. und J. 22 = Sn. C ist.

Burchardt hat aus manchen Gründen, vor allem aus Rücksicht für Jene, die nicht lesen können, sich gegen Buchstaben- und Schriftproben ausgesprochen, und wiewohl er in dieser Hinsicht Snellen's Zeichentafel, die diesem Zwecke dient, nicht berücksichtigt, und wiewohl manche der angeführten Gründe nicht stichhaltig sind, so ist doch das von ihm vertretene Princip vollkommen richtig.

Er kehrt nämlich zu den einfachsten Sehproben, den internationalen schwarzen runden Tüpfeln von bestimmtem gleich grossem Durchmesser und eben so grossem gegenseitigem Abstande zurück. Um die einzelnen Grössenabstufungen mathematisch genau zu erzielen, wurden die Punktproben auf photographischem Wege hergestellt. Was die Brauchbarkeit solcher Proben bei Prüfungen für die Ferne, in welcher wir *S* bestimmen, anlangt, so wäre gegen dieselben zunächst nur geltend zu machen, dass wenn man eine Anzahl unregelmässig angeordneter Punkte auf grössere Entfernung zählen soll, wobei also der Finger nicht beim Zählen auf jeden Punkt gelegt werden kann, dies sonderbarer Weise eine gewisse Intelligenz erfordert, deren Mangel bei Kindern und vielleicht nicht minder bei Erwachsenen die Anwendung gerade solcher einfachen Fernproben ein wenig erschwert. Speciell die Burchardt'schen haben aber zwei wesentliche Fehler, einen sachlichen und einen technischen. Der sachliche ist der, dass als Mass für die Sehschärfe ein zu grosser Gesichtswinkel zu Grunde gelegt wird, nämlich ein solcher von 2·15 Minuten. So richtig es ist, wie wir sahen, bei solchen Proben nicht von einem Winkel von 1 Minute auszugehen, so unrichtig ist es, ihn mehr als doppelt so gross zu machen. Als Erläuterung genüge zu bemerken, dass ein Auge, welches die Buchstaben XX Snellen auf 20′ eben erkennt, noch mit Leichtigkeit auf diese Distanz die Punktgruppen, die auf 500 Centimeter = kaum 16 P. F. erkannt werden sollen, auflöst, dass also eine Sehschärfe 1 nach Snellen wenigstens *S* 1¼ nach Burchardt ist, und da die erstere schon als am Rande der normalen stehend zu betrachten ist, so muss das von Burchardt aufgestellte Mass als pathologisch angesehen werden. Dazu kommt, dass, würde nicht ein technischer Fehler mit unterlaufen, die Sehschärfe bei diesen Proben noch *grösser ausfiele.*

In Folge der Herstellung der Tafeln auf dem Wege der Photographie ist (wenigstens in den von mir gesehenen Exemplaren) der Grund nicht rein weiss, sondern grau, und was das Schlimmste ist, die Dunkelheit des Grundes ist nicht auf allen Tafeln eine gleichmässige, sondern nimmt um so mehr zu, je feiner die Punktgruppen werden. Dadurch sind die so hergestellten Proben auch für relative Bestimmungen nicht ganz gut zu verwenden, weil, da die Helligkeitsdifferenz zwischen den schwarzen Punkten und ihren Zwischenräumen immer geringer wird, je kleiner die Proben werden, es immer grösserer Sehschärfen zur Auflösung der Punktgruppen in der bestimmten Entfernung bedarf. Drei Augen z. B., von denen das eine Nr. 500 auf 500 Centimeter, ein zweites Nr. 50 auf 50 und ein drittes Nr. 25 auf 25 Cent. eben noch sicher auflösen würde, hätten durchaus keine gleiche Sehschärfe, es wäre vielmehr S des letzten Auges die grösste, die erstere die geringste.

Dieser letztere technische Fehler entfällt in den nicht photographirten geometrischen Sehproben Böttcher's. Böttcher stellt merkwürdiger Weise genau dasselbe geringe Mass für die Sehschärfe wie Burchardt auf, wählt aber zur Prüfung statt runder Tüpfel kleine Quadrate und Rechtecke, von denen abwechselnd 3, 4, oder 5 aber nie mehr als 5 in einer Gruppe sich finden, während Burchardt, um das Errathen zu erschweren, doch bis zu sieben in der Gruppe geht. In Anbetracht, dass die schwarzen Gruppen Böttcher's sich gegen das weisse Papier besser abheben, als Burchardt's Tüpfel gegen die mehr graue Unterlage, in weiterem Anbetracht, dass die Böttcher'schen Zeichen wegen ihrer gröseren, zum Theile linearen Form leichter erkennbar sind, als die runden Tüpfel, erklärt es sich, dass die gleichbezeichneten Proben Burchardt's und Böttcher's nicht gleichartig sind. Böttcher's Nr. L (= Burchardt's 500) wird auf eine wesentliche grössere Distanz aufgelöst, als letzteres, woraus hervorgeht, dass, wiewohl nach demselben Princip construirt, die Böttcher'schen Proben eine noch geringere Anforderung an die Sehschärfe, als die Burchardt'schen stellen, daher noch weniger stricte Ergebnisse liefern.

Die gewonnenen Resultate in Betreff der praktischen Prüfung der Sehschärfe sind folgende:

1. Die Sehschärfe-Prüfung wird in der Regel an entfernten Objecten vorgenommen.

2. Als solche erweisen sich am geeignetsten die lateinischen quadratischen Buchstaben Snellen's von Nr. XX aufwärts und die *gleichwerthigen* Zeichen Snellen's.

3. Bei der Prüfung mit zusammenhängender Schrift ist Jäger 18 = XX (Buchstaben Snellen) nebst den noch grösseren ger'schen Proben in Anwendung zu ziehen.

4. Burchardt's und Böttcher's geometrische Sehproben wären nach richtiger Feststellung der Distanz, in welchen dieselben von em mit Sehschärfe $\frac{20}{20}$ Snellen behafteten Auge sicher aufgelöst rden, zu verwenden und dann die Punktproben (bei Vermeidung hnischer Fehler) den Böttcher'schen vorzuziehen.

5. Bei Sehprüfungen in der Nähe, besonders angewendet bei deutend herabgesetzter Sehschärfe; zur raschen Beurtheilung der eigerung oder Verringerung des Sehvermögens im Verlaufe eines Augenleidens; bei der Auswahl von Brillen für die Nähe eignen sich wegen rer zahlreichen Abstufungen besonders Jäger's Schriftscalen, umsoehr als die Schriftproben Snellen's den mit der gleichen Zahl bezeichneten Buchstabenproben nicht gleichwerthig sind. Für Jene, welche cht lesen können, würden sich hierzu Burchardt's Punktproben, länglich sauber ausgeführt, gut eignen, da die den Jäger'schen alen beigegebene Strichscala eben wegen ihrer Zusammensetzung s Strichen nicht so gut entspricht.

6. Zum Schlusse muss noch einmal scharf hervorgehoben werden, ss es vollkommen unrichtig ist, Punktgruppen, zusammenngende Schrift und einzelnstehende Buchstaben in Betreff rer Erkennbarkeit gleichstellen zu wollen. Am leichtesten rden einzelne Buchstaben, schwerer zusammenhängende Schrift, wie in den gegenwärtigen Schriftproben vorliegt, am schwersten Punktuppen erkannt. Während für Punktgruppen ein normalsehendes Auge es Winkels von beiläufig $1^1/_2$ Minute bedarf (der Winkel von 1 Minute nellen] ist viel zu klein, jener von $2^1/_7$ Minuten [Burchardt] ist l zu gross), erkennt dasselbe Auge zusammenhängende Schrift unter em Winkel von $1^1/_4$ Minuten und braucht für die quadratischen Buchben Snellen's einen Winkel von kaum 1 Minute. Es sind, wie schon iher angedeutet, Untersuchungen im Zuge, um durch eine grosse Anzahl n Bestimmungen den Winkel genau festzusetzen, unter welchem normalsichtiges Auge einzelne Punkte differenzirt, und ebenso emrisch festzustellen, unter welchem Winkel zusammenhängende Schrift d einzelne Buchstaben erkannt werden. Bis zur Publication der in ede stehenden Versuchsergebnisse kann an den von mir soeben gegeenen ungefähren Massen festgehalten werden.

Neunte Vorlesung.

I. Einfluss der Beleuchtung und des Alters auf die Sehschärfe.
II. Einfluss der Myopie und Hypermetropie auf die Sehschärfe.

I.

Die Sehschärfe wird bei sonst gesundem Auge, das wir auch von optischen Fehlern freisprechen wollen, einerseits von der Beleuchtung, andererseits vom — Alter des Individuums beeinflusst.

In ersterer Beziehung (wir wollen von dem Einflusse der verschiedenen Qualität der Beleuchtung ganz absehen) braucht nicht erst bemerkt zu werden, dass die Sehschärfe mit Abnahme der Beleuchtung sinkt.

Das Gesetz, nach welchem Dies geschieht, ist noch unbekannt. Eine hieher gehörige mehr als hundertjährige, durch Citirung schon förmlich maltraitirte Angabe von Seiten Tobias Mayer's hat keinen Anspruch auf Berechtigung. In neuerer Zeit wurde diese Frage in jener Hinsicht, wie sie gerade den Augenarzt interessiren würde, nur sehr wenig ventilirt.

Förster [1]) kam (1857) durch eine Reihe von Versuchen zu dem Resultate, dass, je kleiner der Gesichtswinkel ist, desto grösser die Helligkeit sein müsse, wenn noch eine Wahrnehmung zu Stande kommen soll. Gesichtswinkel und Helligkeit ergänzen sich gegenseitig. Bei Aubert, welcher ausgedehnte Versuche über den Einfluss des Gesichtswinkels auf die Empfindbarkeit von Helligkeitsunterschieden machte, finden wir einen dem Förster'schen analogen Versuch, der hierher gehört und der auch den Weg anzeigt, auf welchem die Frage vom Zusammenhange der Beleuchtung mit der Sehschärfe, wenigstens in einer für den Ophthalmologen, wenn nicht gerade für den Physiologen, genügenden Weise gelöst werden könnte. Es handelt sich nur darum, die Sehschärfe bei verschiedenen messbaren Beleuchtungsgraden in der gewöhnlichen Weise zu bestimmen und dann zu sehen, in welcher Weise dieselbe mit der Abnahme der Beleuchtung sinkt. In Aubert's Dunkelkammer ist in den Ausschnitt eines an den Fensterrahmen befestigten Brettes eine Scheibe von mattem, weissem, gleichmässig geschliffenem, sehr sorgfältig gereinigtem Glase eingelassen, welche unmittelbar von einem Diaphragma bedeckt ist, das dazu dient, die Grösse der Lichtquelle, d. i. der vom diffusen Tageslichte beschienenen Glasplatte beliebig zu

[1]) *Ueber Hemeralopie* etc. Breslau pag. 1.

verändern und zu messen. Die Oeffnung des Diaphragmas kann von 00 Quadratcentimeter bis auf Null verkleinert werden. Nimmt man die Untersuchungen nur bei wolkenlosem Himmel und ungefähr bei gleichem Stande der Sonne vor, dann hat man es immer mit der gleichen Grösse der absoluten Helligkeit zu thun. Nachdem der Untersuchende sein Auge zunächst in der Dunkelkammer für die Finsterniss gehörig adaptirt hat, stellt er sich in eine bestimmte Entfernung von den Snellen'schen oder reducirten Jäger'schen Tafeln, die parallel zu der matten Glastafel angebracht sind. Es wird dann zunächst die kleinste Oeffnung des Diaphragmas (bei Aubert eine solche von 2·5 M^m. Seite) eingestellt, dabei die sich ergebende Sehschärfe notirt; dann die Oeffnung successive erweitert, immer die entsprechende Sehschärfe angemerkt, bis das Diaphragma eine solche Oeffnung zeigt, dass die gefundene Sehschärfe der vor Beginn des Versuches in diffusem Tageslichte bestimmten gleich ist. Dieses letztere Postulat ist in Aubert's Versuchen nicht erfüllt, indem die Diaphragmaöffnung nicht hinlänglich erweitert werden kann, so dass seine eigene bei der grössten Diaphragmaöffnung gewonnene S zu jener im diffusen Tageslichte bestimmten sich wie 1:1·6 verhält. Jene Grösse der Lichtquelle nun, bei welcher die Sehschärfe der im Tageslichte gewonnenen gleich ist, ist sowie diese Sehschärfe, als 1 zu bezeichnen, und mit diesen Einheiten sind dann die abnehmenden Grössen der Lichtquelle und der entsprechenden Sehschärfe zu vergleichen. Nimmt man sich die Mühe, die von Aubert an Jäger'schen Proben gewonnenen Resultate[1]) nach Snellen'schen Masse auszudrücken, und bezeichnet man die Lichtquelle von 400 Quadratcentimeter weisser, von diffusem Tageslichte beleuchteter Glasscheibe und die dieser Beleuchtung entsprechende Sehschärfe als 1, dann ergibt sich folgende Reihe:

Grösse der Lichtquelle.	Sehschärfe.
Helles diffuses Tageslicht	(2·56) 1·6 (Jäger Nr. 5 auf 1 Meter)
1 (400 Quadrat-Centimeter)	(1) 1 („ „ 9 „ 1 „)
$\frac{1}{1·8}$ (225 „ „)	(1) 1 nahezu („ „ 9 „ 1 „ mangelhaft)
$\frac{1}{4}$ (100 „ „)	$\left(\frac{1}{1·96}\right)$ $\frac{1}{1·4}$ („ „ 10 auf 1 Meter)
$\frac{1}{6·3}$ (64 „ „)	$\left(\frac{1}{2·56}\right)$ $\frac{1}{1·6}$ („ „ 12 „ 1 „)

[1]) Physiologie der Netzhaut, *pag.* 84.

Grösse der Lichtquelle.	Sehschärfe.
$\frac{1}{11}$ (36 Quadrat-Centimeter)	$\left(\frac{1}{4}\right)$ $\frac{1}{2}$ (Jäger Nr. 13 auf 1 Meter)
$\frac{1}{20}$ (20·25 „ „)	$\left(\frac{1}{4}\right)$ $\frac{1}{2}$ nahezu („ „ 14 „ 1 „)
$\frac{1}{32·7}$ (12·25 „ „)	$\left(\frac{1}{12·25}\right)$ $\frac{1}{3·5}$ („ „ 16 „ 1 „)
$\frac{1}{64}$ (6·25 „ „)	$\left(\frac{1}{25}\right)$ $\frac{1}{5}$ („ „ 17 „ 1 „)
$\frac{1}{177·8}$ (2·25 „ „)	$\left(\frac{1}{56·25}\right)$ $\frac{1}{7·5}$ („ „ 19 „ 1 „)
$\frac{1}{1600}$ (0·25 „ „)	$\left(\frac{1}{156·25}\right)$ $\frac{1}{12·5}$ („ „ 20 „ 1 „)

Die unter der Rubrik Sehschärfe in Klammern stehenden Zahlen sind die Quadrate jener Brüche, in welchen wir die Sehschärfe gewöhnlich auszudrücken pflegen. Vierordt hat nämlich darauf hingewiesen, dass die Sehschärfe sich nicht umgekehrt wie die einfachen Durchmesser des Netzhautbildes, sondern umgekehrt wie deren Quadrate verhält, wie schon die geometrische Beschaffenheit der Netzhautbilder dies verlangt, und stellt daher auch die Ansicht auf, dass man in Anbetracht der quadratischen Sehproben Snellen's die Sehschärfen, welche Snellen z. B. als $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{10}$ bezeichnet, richtiger als $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{100}$ bezeichnen sollte. Dem gegenüber erwiderte Donders gar bald, dass ebenso wenig als Astronomen und Mikroskopiker die Vergrösserungen der Netzhautbilder nach quadratischen Verhältnissen angeben, ebenso wenig eine derartige Ausdrucksweise dem Ophthalmologen zugemuthet werden kann.

Wir stimmen hier Donders im Allgemeinen vollkommen bei, allein bei der Beurtheilung des Verhältnisses zwischen Beleuchtungsgrösse und Sehschärfe dürfte es vielleicht richtiger sein, die Flächenausdehnung des Netzhautbildes statt dessen linearen Durchmessers zu nehmen.

Der Aubert'sche Versuch, in der Weise, wie wir es thaten, verwerthbar gemacht, gibt ziemlich interessante Zahlenresultate, aus welchen allgemeine Schlüsse zu ziehen, jedoch voreilig wäre. Ich habe dem Gegenstande eine so eingehende Besprechung geschenkt, weil ich den angedeuteten Weg für den besten halte, um unter Verwendung "*Tusen* Tageslichtes zu jener Lösung der Frage zu kommen, die über-

upt möglich ist. Ich selbst wurde leider durch Aenderung meines ufenthaltsortes verhindert, meine in Wien in der genannten Richtung gebahnten Versuche, die mit der Herstellung der Dunkelkammer zu ginnen haben, bisher zur Ausführung zu bringen.

Darum sei hier nur auseinandergesetzt, in welcher Weise wir in axi zu verfahren haben, um Irrthümer zu vermeiden, welche sich raus ergeben möchten, wenn wir Sehschärfeprüfungen bei verschiedenen leuchtungsgraden vornehmen und dieselben ohne Berücksichtigung r Helligkeitsdifferenzen direct mit einander vergleichen würden.

Wegen der wechselnden Tagesbeleuchtung haben manche Ophthalologen wie Hasket Derby, Wecker, Javal sich von derselben nz frei gemacht und verwenden künstliches Licht bei ihren Sehüfungen in der Art, dass die Tafeln in einem dunklen Zimmer aufhängt und von einer constant brennenden, stets in einem bestimmten d gleichen Abstande von der Tafel angebrachten Flamme, in der egel Gasflamme, beleuchtet werden. Es ist gegen diese Procedur am ode Nichts einzuwenden, aber nothwendig ist sie, ausser es würde s Untersuchungslocal vom Tageslichte nur stiefmütterlich bedacht ler man nähme die Sehprüfungen bei — Nacht vor, gerade nicht, s man auch bei Tagesbeleuchtung den Einfluss derselben auf die Sehchärfe sehr wohl zu beurtheilen in der Lage ist. Hegt man bei dunkerem Wetter die Befürchtung, es könnte die mangelhafte Beleuchtung uf die Sehschärfe nachtheilig wirken, dann constatire man zunächst n der eigenen Sehschärfe, ob dieselbe unter das bei guter Beleuchtung gefundene Mass gesunken sei. So lange dieses nicht geschehen ist, so lange hat auch die Verringerung der Helligkeit keinen Einfluss auf das Unterscheidungsvermögen. Findet man aber die eigene S um ein bestimmtes Mass verringert, dann bringe man dies bei den Prüfungen in Rechnung. Wird z. B. Nr. 20 Snellen, welches bei guter Beleuchtung auf 20′ deutlich erkannt wird, nur noch auf 15 Fuss gut gesehen, dann stelle man den zu Prüfenden 15′ statt 20′ von den Proben ab und gebe natürlich der Zahl 15 die Bedeutung von 20; oder man mache die Proben auf 20′, multiplicire aber die gefundenen Werthe mit $^4/_3$.

Ein sonst normales Auge wird, wie wir sagten, nicht blos von der Beleuchtung, sondern auch noch von einem hievon sehr differenten Momente, nämlich von seinem Alter in Betreff der Sehschärfe beeinflusst. Die Sehschärfe nimmt mit dem Alter des Individuums ab; aber so wenig Beobachtungsreihen vorliegen, welche die Sehschärfe des jugendlichen Auges sicher stellen, ebenso wenig kennt man bisher die Art und Weise dieser *Abnahme mit zunehmenden* Jahren. Eine schon

früher erwähnte Beobachtungsreihe von Vroesom de Haan umfasst nur 281 Individuen aller Lebensalter. Eine solche Zahl ist für die vorliegende Aufgabe viel zu gering. Da müsste man schon über die hundertfache Grösse verfügen können, um zu einem sicheren Resultate zu gelangen. In grossen Städten wäre durch Beiziehung des Materials welches die Volksschulen, dann die Gymnasien, weiterhin die Kasernen endlich die Armen- und Siechenhäuser liefern könnten, für gewisse Altersperioden ein derartiges Resultat zu erzielen, für andere (von 30—50 Jahren) würde ein solches Massenaufgebot schon schwerer beizustellen sein. Gelänge es nun auf die eine oder andere Weise festzustellen dass wirklich einem bestimmten Alter, etwa einem bestimmten Decennium ein bestimmtes besonderes Mass normaler Sehschärfe als Minimum entspricht, dann wäre z. B. die Snellen'sche Tafel so zu numeriren dass über jeder Reihe die Zahlen ständen, die angeben würden, auf welche Entfernung das Auge je nach dem Alter des Individuums die betreffende Schrift erkennen müsste, um sich des Vorrechtes normaler Sehschärfe zu erfreuen. Es würde dann z. B. die Buchstabenreihe XI etwa so überschrieben sein:

XXV (10—30 J.) XXII (31—40 J.) XX (41—50 J.) XVIII (51—65) XVI (66—80). Der Fehler der Grenzwerthe würde dieser Reihe, wie jeder ähnlichen, zukommen.

Um auf die von Vroesom de Haan gemachten Beobachtungen zurück zu kommen, so fand derselbe, dass die Sehschärfe bis zum 40. Jahre im Mittel etwas grösser als $\frac{20}{20}$, (nämlich $\frac{22\frac{1}{2}}{20} - \frac{21}{20}$ vom 10.—30. Jahre, $\frac{20\frac{1}{2}}{20}$ mit 40 Jahren) ist und dass sie hierauf unter $\frac{20}{20}$ sinkt. Mit 50 Jahren ist $S = \frac{18}{20}$, mit 60 $\frac{14\frac{1}{2}}{20}$, mit 70 $\frac{13}{20}$, mit 80 $\frac{11}{20}$. Die Sehschärfe ist also mit 80 Jahren auf die Hälfte der jugendlichen und nahezu auf die Hälfte der als normal angenommenen $\frac{20}{20}$ gesunken. Wir halten de Haan's Werthe im Allgemeinen für zu gering, namentlich möchten wir aber die Sehschärfen, die er 70 und 80 Jährigen vindicirt, als pathologisch gering ansehen. Einfach in Folge des Alters sinkt die Sehschärfe mit 80 Jahren kaum auf die Hälfte; gesunde Augen solcher Greise zeigen noch, soweit mein verhältnissmässig geringes Beobachtungsmaterial zeigt, eine Sehschärfe $\frac{15}{20}$. Doch

entscheiden können endgiltig in dieser Frage wie schon erwähnt nur die Massen.

Was die Ursache der Herabsetzung der Sehschärfe im höheren Alter anlangt, so ist diese als nicht hinlänglich sichergestellt zu betrachten. In der geringeren Durchsichtigkeit der brechenden Medien ist sie sicherlich nicht zu suchen, denn selbst bei Anwendung des unfolirten Planspiegels lässt sich bei der ophthalmoscopischen Untersuchung weder von einer Herabsetzung, noch von einer Ungleichmässigkeit der Beleuchtung des Augengrundes etwas nachweisen. In Folge dessen ist es wohl sicher, dass der Grund für die Herabsetzung des Unterscheidungsvermögens im nervösen Apparat liegt, aber wo, ob in Veränderungen in der Zapfenlage des gelben Fleckes, ob in jenen der leitenden Sehnervenfasern oder der Nervenzellen des Gehirns, ist unbekannt. Die objective Beobachtung könnte am ehesten noch den Sehnervenfasern die Schuld beimessen, die im gealterten Auge etwas getrübt erscheinen, wodurch die Eintrittsstelle des Opticus den Glanz und die Diaphanität, sowie das scharfe Hervortreten der Details verliert, welche den Sehnerven des jugendlichen Auges charakterisirt. Die drusenartigen Auswüchse der Glaslamelle der Chorioidea, die an der Macula lutea so gut wie gänzlich fehlen, können keinen Einfluss auf die centrale Sehschärfe nehmen und von Altersmetamorphosen der Zapfen des gelben Fleckes ist vorläufig Nichts bekannt.

II.

Wenn wir hiermit die Beeinträchtigung, welche das gesunde normale Auge in Folge herabgesetzter Beleuchtung einerseits und in Folge vorgerückten Alters andererseits in seiner Sehschärfe erfährt, als abgehandelt betrachten, können wir zu der Frage übergehen, durch welche Momente die Sehschärfe pathologisch herabgesetzt wird. Es geschieht dies 1. durch Erkrankung des nervösen Apparates, sei es der Zapfenlage der Netzhaut, sei es der Sehnervenfasern, sei es der Centraltheile des Sehens im Gehirne, wobei jeder einzelne der genannten Abschnitte allein oder in Gemeinschaft oder im Gefolge der übrigen erkranken kann; 2. durch Trübungen der brechenden Medien aller Art mit Einschluss der Pupillarmembranen; 3. durch die eigentlichen Refractionsanomalien, die chromatische und monochromatische Aberration des Auges, welche das Zustandekommen eines vollkommen deutlichen Bildes auf der percipirenden Netzhautschichte verhindern. Indem die Betrachtung der beiden erstgenannten Punkte nicht hierher gehört, ist in Betreff des dritten zu bemerken, *dass die Herabsetzung* der Sehschärfe, wie

sie durch die angeborenen und erworbenen Anomalien der monochromatischen Aberration, d. i. den regulären und irregulären Astigmatismus verursacht wird, in der Lehre von letzterem später zur Sprache kommt, während, wie schon in unserer 3. Vorlesung erwähnt, wir über die Pathologie der chromatischen Aberration bisher nichts Bestimmteres wissen.

Bei jenen Zuständen, die man gewöhnlich als Refractionsanomalien bezeichnet, bei der Myopie und Hypermetropie, kommt es unter Umständen auf eine ganz andere Art zu einer Herabsetzung der Sehschärfe, welche mit der durch die 3 früher erwähnten Momente bedingten durchaus nicht parallelisirt werden kann. Während bei Krankheiten des lichtempfindenden Apparates, bei Trübungen der Medien und den eigentlichen Refractionsanomalien, wenn die genannten Zustände nicht mit Myopie oder Hypermetropie einhergehen, die Netzhaut die verhältnissmässig günstigste Lage zu den Knotenpunkten des Auges hat und durch eine Aenderung dieses Abstandes die Sehschärfe nicht nur nichts gewinnen könnte, sondern verlieren müsste, würde bei der nicht complicirten Myopie oder Hypermetropie einfach eine Lageveränderung der Netzhaut nach vor- oder rückwärts genügen, um dem betreffenden Auge die normale Sehschärfe auf alle Distanzen zu verleihen. Es wird also 1. der Umstand, dass in Folge des abweichenden Standes der Netzhaut, von Objecten, die sich in gewissen Entfernungen vom Auge finden, keine deutlichen Bilder auf der empfindenden Retinalschichte entworfen werden können, es verschulden, dass für diese Entfernungen die Sehschärfe wesentlich leidet.

Die ungewöhnliche Lage der Netzhaut bei Myopie und Hypermetropie hat aber auch 2. für jene Distanzen, in welchen deutliche Bilder entworfen werden können, durch die Alteration der Grösse der letzteren einen Einfluss auf die Sehschärfe.

Endlich wirken 3. noch die Gläser, welche die Stellungsabnormität der Netzhaut corrigiren und das Entstehen deutlicher Bilder veranlassen, auf die Grösse der letzteren und hiedurch wiederum auf die Sehschärfe.

In ähnlicher Weise, wie bei Myopie und Hypermetropie, wird auch bei Accommodationsbeschränkungen, sei es der senilen, die wir als Presbyopie bezeichnen, sei es bei der durch lähmungsartige Zustände des Ciliarmuskels herbeigeführten, die Sehschärfe für gewisse Distanzen durch Undeutlichkeit der Netzhautbilder verringert.

Indem wir in dem vorliegenden Capitel ein übersichtliches Bild über die Sehschärfe entwerfen wollen, haben wir (mit Umgehung der durch Astigmatismus bedingten Verzerrung der Bilder und deren Cor-

rection durch cylindrische Gläser) auf die die Myopie und Hypermetropie betreffenden 3 Punkte jetzt näher einzugehen. Es wird sich hierbei die Gelegenheit bieten, manche andere wichtige Verhältnisse zur Sprache zu bringen.

Was den 1. Punkt anlangt, so kann es, wenn wir von dem Kepler'schen Satze, dass zur deutlichen Wahrnehmung eines Objectes ein deutliches und scharfes umgekehrtes Bild desselben auf der Netzhaut zu Stande kommen müsse, ausgehen, nicht schwer sein, die Verminderung der Sehschärfe bei Myopie und Hypermetropie in gewissen Entfernungen zu erklären. Nehmen wir gleich als Beispiel sehr hochgradige Fälle dieser Anomalien. Wenn $M\,1/_3$ besteht, dann wird von jedem Objecte, welches weiter als 3″ vom 1. Knotenpunkte des Auges liegt ein Bild vor der Netzhaut (wir verstehen darunter, wie bekannt, deren percipirende Fläche) zu Stande kommen. Betrachten wir Einen leuchtenden Punkt a dieses Objectes, dann wird dessen Bild in a^1 vor der Netzhaut liegen und dessen Strahlen bilden auf der Netzhaut einen Zerstreuungskreis mit dem Durchmesser xy. Stets dieselbe Weite der Pupille angenommen, wird die Grösse der Zerstreuungskreise vom Grade der Myopie, falls wir dieselbe immer durch Verlängerung der Augenaxe entstanden denken wollen, abhängig sein und mit der Myopie wachsen.

Theoretisch müsste bei $M\,1/_3$ das Erkennen aller Objecte die weiter als 3″ abstehen, aufhören. Nun, undeutlich werden sie in der That alle, wenn die genannte Grenze überschritten wird. Allein gröbere Gegenstände werden doch noch erkannt. Wird die Jäger'sche Schrift Nr. 1 merklich jenseits des Fernpunktes gebracht, dann greifen die Zerstreuungskreise des einen Buchstaben über die des Nachbarn hinüber und mit dem Lesen der Schrift ist es vorbei. Gröbere Schrift kann jedoch noch auf etwas grössere Entfernung gelesen werden, weil hierbei die Zerstreuungskreise des einen Buchstaben wenigstens die der benachbarten nicht merklich stören.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass in Folge einfacher Myopie bei den Sehproben, wie wir sie mit der Snellen'schen Tafel gewöhnlich für die Ferne anstellen, je nach dem Grade der Anomalie eine gewisse Sehschärfe zu Tage treten wird, wiewohl die Objecte stets jenseits des Fernpunktes liegen. Aus dem Grade der Undeutlichkeit der einzelnen Reihen und dem Masse der Sehschärfe kann man schon vor den Gläserproben einen ungefähren Schluss auf die vorhandene Myopie machen. Da man sich mit diesem Gegenstande bisher noch gar nicht beschäftigt hat, so will ich einige diesbezügliche *Daten* anführen. Unter der Voraussetzung, dass das

myopische Auge normale Sehschärfe hat, ergibt sich bei guter Beleuchtung und normaler Pupillenweite, dass ein Auge mit $M\,1/30$ noch $S\,\frac{20}{30}$ hat. Bei $M\,1/18$ ist S ungefähr $\frac{20}{70}$, bei $M\,1/10$ $\frac{20}{200}$, bei $M\,1/8$ $\frac{10}{200}$, bei $M\,1/5$ $\frac{5}{200}$. Ein Auge mit Myopie $1/30$ erkennt also noch die Buchstabenreihe XXX, ein Auge mit $M\,1/10$ erkennt auf 20′ nur noch das grosse A (oder E der neuen Snellen'schen Tafel), ein Auge mit $M\,1/5$ wird nur noch auf 5′ den Buchstaben Nr. CC eben entnehmen.

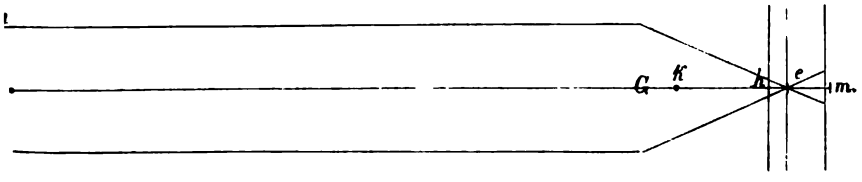
Sowie die Sehschärfe des unbewaffneten Myopen jenseits seines Fernpunktes rasch abnimmt, so wird andererseits das hypermetropische Auge, in dem die Bilder hinter die Netzhaut fallen, in allen jenen Entfernungen, in welchen sonst das emmetropische noch deutlich sieht, dies nicht mehr können, für welche es seine Hypermetropie durch Accommodation nicht decken kann. Was speciell die Prüfung in der Ferne betrifft, so wird die Sehschärfe nicht blos von dem Grade der Hypermetropie, wie dies bei Myopie der Fall ist, sondern eben auch von der Accommodationsbreite des betreffenden Auges abhängen, und ist insoferne nicht direct anzugeben.

Aber auf einen wichtigen Umstand muss hier aufmerksam gemacht werden. Caeteris paribus, d. h. wenn wir die Sehschärfe nur von der Grösse der Zerstreuungskreise abhängig machen, von der Accommodationskraft des hypermetropischen Auges und dem später (sub 2) aufzuführenden Grössenverhältnisse der Netzhautbilder absehen, bei gleicher Pupillenweite und Beleuchtung, wird ein Hypermetrope eines bestimmten Grades eine grössere Sehschärfe darbieten, als der Myope gleichen Grades, falls Myopie und Hypermetropie auf Aenderungen der Axenlänge des Auges beruhen. Denn es bedarf, um den Fernpunkt aus der Unendlichkeit in einen bestimmten endlichen Abstand hinter den Knotenpunkt des Auges zu bringen, einer geringeren Axenverkürzung, als die Axenverlängerung ist, durch welche der Fernpunkt aus der Unendlichkeit in die gleiche endliche Entfernung vor den Knotenpunkt gerückt wird. Legen wir z. B. das reducirte Auge von Donders zu Grunde, so verwandeln wir dasselbe durch eine Axenverlängerung von 4·89 $M^{m.}$ in ein Auge mit $M\,1/3$, dagegen brauchen wir dasselbe Auge nur um 2·96 $M^{m.}$ zu verkürzen, um $H\,1/3$ vor uns zu haben.

In Fig. 40 sind die Verhältnisse in den wirklichen Grössen dargestellt. *e* ist die Lage der Netzhaut des emmetropischen, *m* des myopi-

schen ($M\,1/3$), h des hypermetropischen Auges ($H\,1/3$). Die parallelen Strahlen, welche ein unendlich entfernter Leuchtpunkt a aussendet,

Fig. 40.



würden sich in e sammeln, bilden aber auf h und m einen Zerstreuungskreis. Die Durchmesser der beiden Zerstreuungskreise bei m und h verhalten sich wie $4{\cdot}9 : 2{\cdot}96 = 1{\cdot}6 : 1$. Der Durchmesser des Zerstreuungskreises ist also im myopischen Auge um mehr als die Hälfte grösser, als im hypermetropischen, das Bild des ersteren im gleichen Verhältnisse undeutlicher, als das des letzteren Auges.

Endlich ist hier noch zu bemerken, dass unter übrigens gleichen Umständen die Grösse der Zerstreuungskreise von der Weite der Pupille abhängt. Da nun das myopische Auge im Allgemeinen eine weitere Pupille als das hypermetropische des gleichen Alters hat, so folgt daraus, dass die für gleiche Grade der Myopie und Hypermetropie schon bestehende Differenz in der Grösse der Zerstreuungskreise durch diesen Umstand nur noch gesteigert wird.

Der Einfluss der Pupillenweite auf die Grösse der Zerstreuungskreise und hiedurch auf die Sehschärfe gibt sich dadurch kund, dass Myopen und Hypermetropen bei heller Beleuchtung unverhältnissmässig besser, als bei herabgesetzter sehen, so zwar, dass höhergradige Hypermetropen die bei Tage noch eine erträgliche Sehschärfe auf alle Distanzen zeigen, des Abends in Folge der Erweiterung der Pupille für alle Distanzen so schlechtsichtig werden, dass sie mit den Klagen der Hemeralopie sich vorstellen können, eine Thatsache, die ich sonderbarer Weise nirgends erwähnt finde und die zu fehlerhafter Diagnose um so leichter führt, als diese Hemeralopie erst in einem bestimmten Alter des Individuums, wenn der Accommodationsmuskel nicht mehr die nöthige Kraft aufzubringen vermag, um nur halbwegs deutliche Bilder zu ermöglichen, auftritt, und man, wenn man bei der ophthalmologischen Prüfung die Untersuchung des Refractionszustandes versäumt, in Folge des negativen Befundes im Augengrunde wirkliche Hemeralopie vor sich zu haben glaubt, während doch in solchen Fällen ein richtig gewähltes Convexglas die *hemeralopischen Erscheinungen* sofort verschwinden

macht. Ein Myope hohen Grades zeigt dieses Bild nicht, da er auch bei Tage in die Entfernung Nichts sieht und für die Nähe seine Sehschärfe eben nur im Verhältnisse zur Beleuchtung abnimmt.

Der Einfluss der Pupillenweite auf die Sehschärfe bringt es auch mit sich, dass der Myope sowohl als der Hypermetrope für alle Entfernungen, in welche er nicht deutlich sehen kann, seine Sehschärfe in der Art zu verbessern trachtet, dass er durch Zusammenkneifen der Lider die Lidspalte verengert und dadurch die Pupille verkleinert. Es ist also das Blinzeln (*μύειν*) durchaus keine Eigenheit der Myopen, in dieser Hinsicht ist auch der Hypermetrop ein Myope.

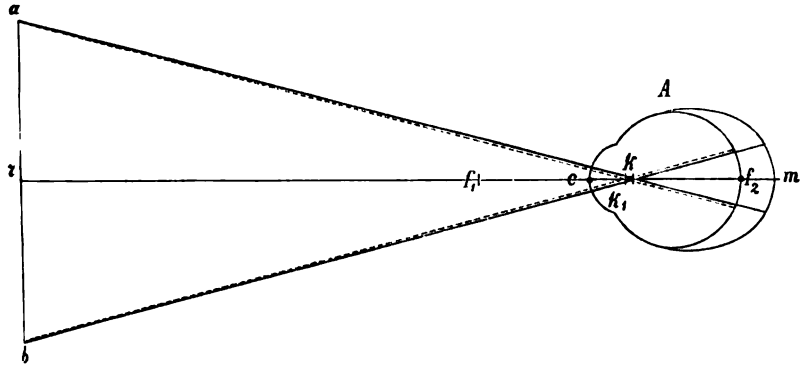
Wir haben früher (pag. 150) sub 2 ferner aufgeführt, dass die ungewöhnliche Lage der Netzhaut bei Myopie und Hypermetropie auf die Grösse der Netzhautbilder einen Einfluss übe. Betrachten wir zunächst diese Grössenänderung in den Fällen, in welchen die Myopie und Hypermetropie, während der dioptrische Apparat des Auges unverändert bleibt, durch Verlängerung, resp. Verkürzung der Augenaxe bedingt ist. Es gibt eine so einfache Formel, meine Herren, um die jedem Grade der Myopie und Hypermetropie zu Grunde liegende Axenänderung zu berechnen, dass ich Sie ersuche, sich dieselbe einzuschärfen. Die vagen Begriffe über Axenänderung des Auges bei *M* und *H* werden schwinden, dadurch dass Sie mit dieser Formel vertraut immer gleich die betreffende Grösse auch in Zahlen auszudrücken im Stande sind — natürlich unter Zugrundelegung der optischen Constanten sei es des schematischen, sei es des reducirten Auge. Die Formel der physiologischen Optik lautet: $l_1\ l_2 = \varphi_1\ \varphi_2$, wobei φ_1 die erste, φ_2 die zweite Hauptbrennweite des Auges bedeutet, l_1 den Abstand des Objectes vom 1. Brennpunkte, positiv zu nehmen, wenn das Object vor, negativ, wenn es hinter dem ersten Brennpunkte gelegen ist, l_2 endlich den Abstand des Bildes des Objectes vom 2. Brennpunkte des Auges, wobei der positive Werth von l_2 bedeutet, dass das Bild hinter dem 2. Brennpunkte entworfen wird, während das negative Zeichen vor l_2 die Lage des Bildes vor dem 2. Brennpunkte anzeigt. Wie wir diese Formel zu unserem Zwecke verwenden, wird gleich klar werden.

Es sei (Fig. 41) *A* (mit der Axe cf_2) das reducirte Auge in seiner natürlichen Durchschnittsgestalt. (Siehe pag. 14.) Demnach beträgt die Länge des mit Wasser erfüllten Auges, welches parallel auffallende Strahlen auf der Netzhaut vereinigt, also auch seine 2. Brennweite φ_2 20 Millimeter, f_2 der 2. Brennpunkt liegt in der Netzhaut.

hrend der 1. Brennpunkt f_1 15 Millimeter vor dem im Scheitel der

Krümmungsfläche gelegenen einfachem Hauptpunkte *c* sich findet, die erste Brennweite φ_1 also 15 Millimeter beträgt. Der Knotenpunkt *k*

Fig. 41.



endlich steht 5 Millimeter hinter der brechenden Fläche in deren Centrum. Nun will ich aus diesem Auge durch Axenverlängerung ein Auge mit $M^1/_3$ fabriciren. Ich bringe ein Object *ab* in die Entfernung von 3 P. Z. vom Knotenpunkte des Auges, so dass also $rk = 3$ P. Z. $= 81{\cdot}3$ Millimeter wird und indem jetzt die Lage des Bildes dieses Objectes, welche das in seiner Brechkraft unveränderte Auge entwirft, bestimmt wird, ist damit auch die Lage der Netzhaut des Auges mit $M^1/_3$ gegeben. Diese Bestimmung geschieht mit Hilfe der Formel $l_1\, l_2 = \varphi_1\, \varphi_2$. Da $\varphi_1 = 15$, $\varphi_2 = 20$ M$^{m.}$, so ist $\varphi_1\, \varphi_2 = 300$, $l_1 = rf_1 = rk - f_1\, k = 81{\cdot}3 - 20 = 61{\cdot}3$, daher $l_2 = 300 : 61{\cdot}3 = 4{\cdot}89$ M$^{m.}$. Das Bild von *ab* liegt also 4·89 M$^{m.}$ hinter f_2 und wenn ich demnach die Augenaxe um 4·89 M$^{m.}$ bis *m* verlängere, so wird nunmehr das Auge das Postulat erfüllen, von einem 3″ vor dem Knotenpunkte gelegenen Objecte (ohne Aenderung seiner Brechkraft) ein Bild auf der Retina zu entwerfen. Das Auge, welches $M^1/_3$ darbietet, hat also eine Länge von 24·89 M$^{m.}$ und seine Netzhaut steht vom Knotenpunkte *k*, der seinen Ort nicht verlassen hat, 19·89 M$^{m.}$ ab.

Handelt es sich anderseits darum, die Verkürzung, welche einem bestimmten Grade von Hypermetropie entspricht, zu berechnen, so muss bedacht werden, dass bei *H* der Fernpunkt hinter dem Knotenpunkte des Auges liegt, also z. B. bei $H^1/_3$ 81·3 M$^{m.}$ hinter *k*. l_1 ist in dem Falle negativ und sein Werth, d. i. der Abstand des Fernpunktes *r* von f_1 ist gleich $rk + kf_1 = 81{\cdot}3 + 20 = 101{\cdot}3$. Wir erhalten: $-l_1\, l_2 = 300$, $l_2 = 300 : -101{\cdot}3 = -2{\cdot}96$ M$^{m.}$, d. h. wenn wir das reducirte Auge *um 2·96 M$^{m.}$ verkürzen*, so bietet es $H^1/_3$ dar.

Bezeichnet x ganz allgemein den Abstand des Fernpunktes vom Knotenpunkte bei Myopie oder Hypermetropie in Millimetern ausgedrückt [1]), dann ist, unter Zugrundelegung des reducirten Auges, die dem betreffenden Grade von Myopie entsprechende Axenverlängerung $l_2 = \frac{300}{x-20}$, während die dem durch $\frac{1}{x}$ ausgedrückten Grade von Hypermetropie zukommende Axenverkürzung: $-l_2 = \frac{300}{x+20}$ zu setzen ist.

Nimmt man statt des reducirten das schematische Auge als Basis, dann ist (siehe pag. 13) $\varphi_1 = 14{\cdot}858$, $\varphi_2 = 19{\cdot}875$. $\varphi_1 \varphi_2 = 295{\cdot}302$. Die Grösse $f_1 k_2$, die hier in Betracht kommt, beträgt 19·875 M^m $(= \varphi_2)$.

Die Formel geht über für Myopie: $l_2 = \frac{295{\cdot}302}{x - 19{\cdot}875}$

für Hypermetropie: $-l_2 = \frac{295{\cdot}302}{x + 19{\cdot}875}$

Nach diesen Formeln ist für $M^1/_3$: $l_2 = 4{\cdot}81$ M^m.

für $H^1/_3$: $-l_2 = 2{\cdot}92$ M^m.

Die nach den einfachen Formeln gefundenen Werthe differiren also um einige Hunderttheile eines Millimeters von jenen, welche man mit Hilfe der für die Rechnung umständlicheren erhält.

In welcher Weise beeinflusst die Axenänderung die Bildgrösse? Berechnen wir (Fig. 41) die wirkliche Grösse des Bildes in unserem Auge mit $M^1/_3$, so verhält sich b (die Grösse des Objectes) zu β (der Grösse des Bildes), wie $rk : km = 81{\cdot}3 : 19{\cdot}89$, daher $b : \beta = 4{\cdot}087 : 1$ und folglich $\beta = \frac{1}{4{\cdot}087}\, b$. Mit diesem absoluten Masse der Bildgrösse haben wir aber wenig gewonnen. Wir müssen fragen, wie gross ist dieses Bild im Vergleiche mit dem vom emmetropischen Auge von demselben Objecte gewonnenen Bilde. Kann aber das emmetropische Auge von dem Objecte ab überhaupt ein deutliches Bild auf der Netzhaut entwerfen? Die Antwort lautet: ja, wenn nur das betreffende Auge ein ganz jugendliches ist, das noch für einen 3" entfernten Punkt accommodiren kann. Da das Auge bei der Accommodation seine Länge nicht ändert, so muss auch im reducirten Auge die Accommodation durch Krümmungszunahme der brechenden Fläche herbeigeführt werden.

[1]) *1 Pariser Zoll* = 27·1 M^m.

Wenn wir nun im reducirten Auge nichts weiter ändern, als dass die Krümmung der brechenden Fläche statt eines Halbmessers von 5 M$^{m.}$ einen solchen von 4·18 M$^{m.}$ erhält, der Knotenpunkt k also um 0·82 Millimeter nach k_1 vorrückt, so wird jetzt von r, welcher Punkt 81·3 Millimeter von k, also 76·3 M$^{m.}$ von c absteht, in f_2 ein deutliches Bild entworfen. Zur Berechnung dieser Veränderung kann man die Formel verwenden: $\frac{n_1}{a} + \frac{n_2}{\alpha} = \frac{n_2 - n_1}{\varrho}$ [1]), wobei a den Abstand des leuchtenden Punktes von der brechenden Fläche, α den Abstand des Bildes von derselben, n_1 den Brechungsindex des 1., n_2 den des 2. Mittels und ϱ den Radius der brechenden Fläche bedeutet. In unserem Falle steht die Frage so. Wenn $rc = a$ 76·3 M$^{m.}$ beträgt und $\alpha = cf_2$ 20 M$^{m.}$ werden soll, wie gross muss hiebei der Radius ϱ der brechenden Fläche sein?

Da $n_1 = 1$, $n_2 = 4/3$ und α stets $= 20$ M$^{m.}$, so geht die angezogene Formel für alle derartigen Berechnungen über in: $\varrho = \frac{5a}{15+a}$ und daraus ergibt sich für unsern Fall, in welchem $a = 76·3$, $\varrho = 4·18$ M$^{m.}$

Wie gross ist das Bild von ab in diesem für einen 3″ entfernten Punkt accommodirenden emmetropischen Auge? Es verhält sich $b : \beta_1 = rk_1 : k_1 f_2 = 80·48 : 15·82$, (der Knotenpunkt ist um 0·82 M$^{m.}$ vorgerückt, daher $rk_1 = 81·3 - 0·82 = 80·48$, und $k_1 f_2 = 15 + 0·82 = 15·82$ M$^{m.}$) mithin $b : \beta_1 = 5·087 : 1$ und $\beta_1 = \frac{1}{5·087}\, b$. Das Netzhautbild ist also in dem genannten Falle trotzdem der Knotenpunkt vorrückte, der Gesichtswinkel also grösser wurde, kleiner als im Auge mit $M^1/_3$, weil die Grösse der Netzhautbilder eben nur unter übrigens gleichen Umständen von der Grösse des Gesichtswinkels abhängt, sonst aber die Länge der Augenaxe und, wie wir sehen werden, auch vor allem die Lage des 2. Knotenpunktes von wesentlichem Einflusse sind.

Wenn $\beta = \frac{1}{4·087}\, b$ und $\beta_1 = \frac{1}{5·087}$, so verhält sich

$\beta : \beta_1 = 5·087 : 4·087 = 1·245 : 1$, mithin $\beta =$ circa $1^1/_4\, \beta_1$,

d. h. das Netzhautbild, welches ein durch Verlängerung der Augenaxe mit $M^1/_3$ behaftetes Auge von einem 3″ entfernten Punkte entwirft, hat einen $1^1/_4$mal so grossen Durchmesser, als das Bild des emmetropischen für 3″ accommodirenden Auges.

---

[1]) Helmholtz' *Phys. Optik, pag. 44*, sub 3.

Denken wir uns die Myopie nicht durch Verlängerung der Augenaxe, sondern durch stärkere Brechkraft des dioptrischen Systems erzeugt, dann wäre durch den Bau des Auges jener Zustand gegeben, den im früheren Falle die Accommodation erzeugte. Demnach wäre das Netzhautbild in einem solchen Auge dem des emmetropischen gleich gross und auch im lebenden Auge, in welchem wir es nicht mit einer einzigen brechenden Fläche zu thun haben, würde dasselbe Verhältniss Platz greifen.

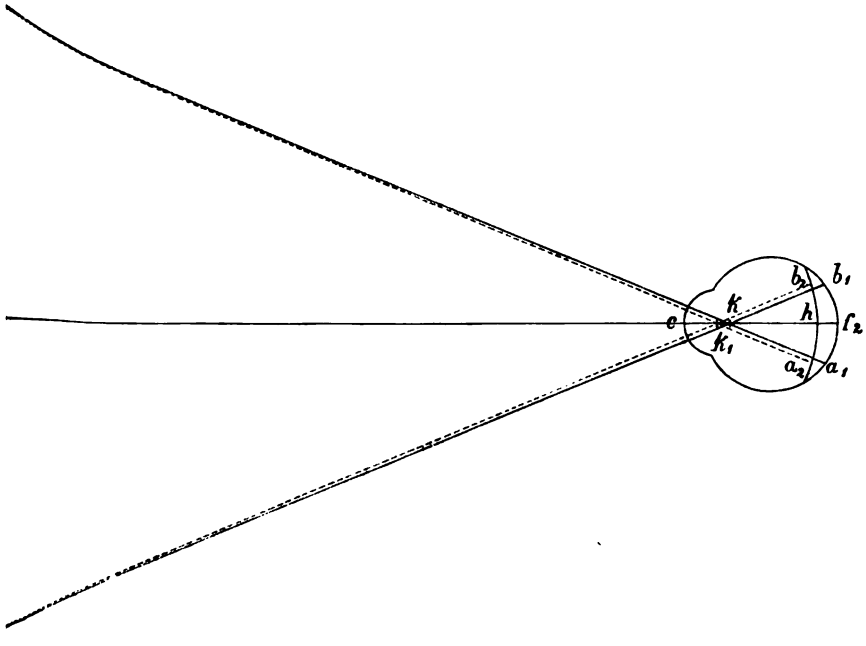
In Betreff obiger Berechnung muss noch Folgendes bemerkt werden. Müsste nicht durch das Vorrücken von k nach k_1 die Distanz rk in rk_1 geändert werden, könnte $rk = rk_1$ sein, würde der Gesichtswinkel nicht verändert, dann könnten wir das Verhältniss von β zu β_1 viel einfacher und direct durch die Proportion $\beta : \beta_1 = 19{\cdot}89 : 15{\cdot}82$ finden, d. h. es würden sich die Bildgrössen wie die Abstände der Bilder vom Knotenpunkte verhalten. Aus obiger Proportion würde sich $\beta = 1{\cdot}257\,\beta_1$ ergeben. Wir sehen, dass falls wir den Fehler in der Rechnung begehen, und auf diese Weise die letztere so sehr vereinfachen, die Differenz nur 0·012 Millimeter ausmacht, wobei man nicht vergessen darf, dass r nur 3″ von k absteht, und also eine Grösse von 0·82 M$^{m.}$ gegen diesen Werth noch durchaus nicht verschwindend klein ist. Wenn wir aber, wie wir dies später thun werden, Sehprüfungen auf eine 80mal grössere Distanz, auf 20′ nämlich vornehmen, dann ist jetzt schon begreiflich, dass die bei diesen Prüfungen, deren Natur wir kennen lernen werden, sich ergebende unwesentliche Vorrückung des ersten Knotenpunktes gänzlich vernachlässigt werden kann.

Ehe wir aus der Grösse des Netzhautbildes des myopischen Auges auf dessen Sehschärfe Schlüsse ziehen, betrachten wir zunächst die Verhältnisse im hypermetropischen Auge. In (Fig. 42) ist wieder A mit der Axe cf_2 das emmetropische reducirte Auge. In dasselbe ist das Auge mit $H^1/_3$, hervorgebracht durch Verkürzung der Axe cf_2 um 2·96 M$^{m.}$ eingetragen, so dass also die Axe des Auges mit $H^1/_3 : ch$ 20—2·96, demnach 17·04 M$^{m.}$ beträgt und die Netzhaut 12·04 M$^{m.}$ vom Knotenpunkte absteht. Von dem in unendlicher Entfernung stehenden Object $a\,b$ entwirft das emmetropische Auge das Bild $a_1\,b_1$. Wie gross ist das Bild dieses Objectes im hypermetropischen Auge? Hier müssen wir umgekehrt, wie früher fragen. Kann das hypermetropische Auge noch ein deutliches Bild dieses Objectes entwerfen?

Allerdings, wenn es nur hinlänglich jung ist, um die Linse $^1/_3$, die ihm gleichsam fehlt, durch eine Accommodation $^1/_3$ zu ersetzen. Das *uge mit der* Axe ch wird demnach durch entsprechende Aenderung

er Krümmung seiner brechenden Fläche parallele Strahlen auf der Netz-
aut einigen und vom Objecte ab ein deutliches Bild entwerfen kön-

Fig. 12.



nen. Die hiezu nöthige Krümmungsvermehrung berechnen wir in diesem
Falle nach der Formel $r = \frac{(n_2 - n_1)\ n_1}{n_2\ n_1}\ \varphi_2$. Die zweite Brennweite
f_2 ist in unserem Falle $= ch = 17{\cdot}04$ M$^{m\cdot}$, denn die brechende Fläche
soll ja das Verlangen erfüllen, die parallelen Strahlen $17{\cdot}04$ M$^{m\cdot}$ hinter
sich zu vereinigen. Daraus folgt, da $n_1 = 1$ und $n_2 = {}^4/_3$, dass $r = {}^1/_4\ \varphi_2$
$= 4{\cdot}26$ M$^{m\cdot}$.

Durch die höchst einfache Formel $r = {}^1/_4\ \varphi_2$ können wir also,
sobald wir die Verkürzung der Axe, die einem bestimmten Grade von
φ entspricht, berechnet haben, auch finden, welche Krümmungsver-
mehrung der brechenden Fläche die Hypermetropie neutralisirt. Unser
Auge mit Hypermetropie $^1/_3$ wird demnach, indem $ck_1 = 4{\cdot}26$ M$^{m\cdot}$
wird, der Knotenpunkt also um $0{\cdot}74$ M$^{m\cdot}$ vorrückt, und $k_1 h = 12{\cdot}04 +$
$0{\cdot}74 = 12{\cdot}78$ wird, nunmehr *ein deutliches Bild* $a_2 b_2$ von ab entwerfen.

Wie verhält sich nun $a_1 b_1 = b$, das Bild des emmetropischen Auges, zu $a_2 b_2 = \beta$, dem Bilde des durch Accommodationsanstrengung emmetropisch gemachten Auges mit H 1/3. Es verhält sich $\beta : b = k_1 h : k f_2$. Die Rechnung, die wir noch beim Auge mit M 1/3 geführt, wäre hier vollkommen nutzlos, da die Differenz der Grössen rk und rk_1, von 0·74 M., selbst wenn das Object nicht in unendlicher Entfernung, sondern in 20′ gelegen wäre, (wie wir sehen werden) absolut keinen praktischen Einfluss mehr auf die Grösse der Netzhautbilder nimmt, die Vorrückung des Knotenpunktes und die damit verbundene Vergrösserung des Gesichtswinkels gänzlich vernachlässigt werden kann, und es nur auf den Abstand der Bilder von k, resp. k_1, ankommt.

Da demnach $\beta : b = 12{\cdot}78 : 15$, so ist $\beta = 0{\cdot}85\ b = \frac{17}{20}\ b$ d. i. das Netzhautbild des Auges mit H 1/3, das seine durch Axenverkürzung erzeugte H durch Accommodation neutralisirt, verhält sich zu jenem des emmetropischen Auges, wie 17 : 20.

Würde dagegen die Hypermetropie durch schwächere Brechkraft des dioptrischen Systems bei unverändeter Axenlänge bewirkt, dann würde das Bild des seine H durch Accommodation deckenden Auges dem des emmetropischen gleich sein.

Was haben wir durch die bisher geführten Berechnungen gewonnen? Erstens das, dass wir statt des ewigen blossen Geredes über den vorliegenden Gegenstand Zahlengrössen für die Netzhautbilder des myopischen (langen) und hypermetropischen (kurzen) Auges im Vergleiche mit denen des emmetropischen, und zwar für vergleichbare Entfernungen, d. i. für solche, in welchen das emmetropische und ametropische unbewaffnete Auge noch deutlich sehen können, gefunden haben. Die Berechnung geschah zunächst für die extremen Grade der Ametropie, in welchen noch Vergleichung möglich ist. Die später folgende Tabelle gibt ein allgemein übersichtliches Bild.

Indem wir ferner im Anfange unserer Betrachtungen über die Sehschärfe zum Axiom erhoben haben, dass dieselbe nur von der Grösse der Netzhautbilder abhänge und in gewissen Grenzen der letzteren direct proportional sei, so lernen wir zweitens aus den gefundenen Werthen, dass und in welcher Art die Sehschärfe des ametropischen Auges verändert wird, falls eine Axenänderung der Ametropie zu Grunde liegt, während das unbewaffnete ametropische Auge, dessen Ametropie in veränderter Brechkraft des dioptrischen Systems begründet wäre, die gleiche Sehschärfe wie das emmetropische Auge darbieten würde

Wenn wir speciell auf die zwei berechneten Fälle eingehen, so ɔt sich, dass ein Auge mit $M\,1/3$ von einem 3″ entfernten Objecte $^5/_4$mal grösseres Bild entwirft als ein emmetropisches Auge. Daraus le erhellen, dass die Sehschärfe des ersteren $^5/_4$ der Sehschärfe des teren für vergleichbare Entfernungen beträgt.

Andererseits würde ein Auge mit $H\,1/3$, das seine H durch Accomation überwindet, Nr. XX Snellen nicht mehr auf 20′ lesen nen. Seine Sehschärfe ist herabgesetzt, und zwar in dem Masse, als Netzhautbild verkleinert ist. Ist also die Sehschärfe des emmeischen Auges $= \frac{20}{20} = 1$, dann ist die des vergleichbaren hyperropischen $^{17}/_{20}$, d. h. ein solches Auge wird die Reihe XX nur auf deutlich sehen.

Im Allgemeinen wäre, nach der Grösse des Retinalbildes beurtheilt, Sehschärfe des myopischen Auges, dessen Myopie durch Axenvererung bedingt ist, grösser, die des hypermetropischen mit Bulbusürzung einhergehenden kleiner, als die des emmetropischen Auges.

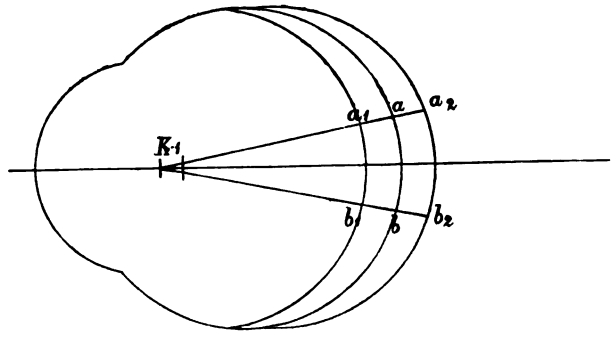
Wie stimmen nun die gefundenen Resultate mit den Thatsachen? achten wir zunächst, wie man sich die Sache bisher vorgestellt hat. er letzten Arbeit von Knapp [1]) „über den Einfluss der Brillen die optischen Constanten und die Sehschärfe“ spricht sich dere dahin aus, dass „die Retina in den in Rede stehenden Augen i so normal als im emmetropischen Auge sein kann, wie dies in klichkeit auch meist der Fall ist, und desshalb die gleiche Anzahl findender Elemente und Nervenfasern enthalten muss.“

„Die nothwendige Folge dieser Thatsache ist offenbar, dass die lute Dichtigkeit der Netzhautelemente in kurzen (hyperopischen) en grösser, und in langen (myopischen) Augen geringer ist. Im hypischen Auge muss die Retinalfläche mit allen ihren Elementen als mmengezogen, im myopischen als ausgedehnt angesehen werden. ın die drei krummen Linien (Fig. 43) ein hyperopisches, emmetroıes und myopisches Auge darstellen, so schneiden die von dem en Knotenpunkte ausgehenden Radien correspondirende Netzhautabitte mit gleichviel Empfindungselementen ab. Dieselbe Anzahl der eren muss im hyperopischen Auge auf eine kleinere und im myohen auf eine grössere Fläche als im normalen Auge vertheilt sein.“ Knapp.

[1]) Dessen *Archiv, I. 2. 1870. pag. 152.*

Donders wollte die geringere Sehschärfe, welche die Hypermetropie häufig begleitet, „zum Theile aus dem Bau des Auges“, eben aus der relativen Kleinheit der Netzhautbilder ableiten, denn „nur wenn

Fig. 43.



eine kleinere Oberfläche der Netzhaut eine gleiche Anzahl von percipirenden Elementen besässe, wie das emmetropische Auge, könnte die geringere Grösse der Netzhautbilder ganz oder doch theilweise ausgeglichen werden; zu dieser Annahme jedoch sind wir durch nichts berechtigt.“ In Betreff des myopischen Auges stellt sich Donders die Sache so vor, dass die Verlängerung des Bulbus gleichzeitig zur Dehnung der Netzhaut führt, aber nicht bloss so, dass (Fig. 43) das Areal $a_2 b_2$ des myopischen Auges dem Areale $a b$ des emmetropischen entspricht, wodurch für vergleichbare Entfernungen ungefähr gleiche Sehschärfe sich ergeben würde, sondern vielmehr in der Art, dass, weil „die Ausdehnung besonders den hinteren Pol betrifft und vorzugsweise die Gegend des gelben Flecks ergreift,“ die Ausdehnung unproportional stattfindet, so dass das Areal $a_2 b_2$ nicht einmal dem Areal $a b$ gleich kommt und daher schon aus diesem Grunde die Sehschärfe des myopischen Auges vermindert sein müsste.

Was nun das hypermetropische Auge anlangt, so wäre es selbst, falls das Verhalten der Sehschärfe zu Erklärungsgründen auffordern würde, sehr gewagt, ein Dichterstehen der Zapfen oder eine Verschmächtigung derselben anzunehmen. Es ist sicher, das im hypermetropischen Auge, das ein unvollkommen entwickeltes ist, die Natur nicht besondere Vorkehrungen, über deren Möglichkeit wir gar nicht abzutheilen wollen, getroffen hat, um den verschieden grossen Netzhautbildern [redacted] Werthe zu verschaffen. Es wären aber [redacted] denn wenn man sich nicht

n allgemeinen Ausdrücken ergeht, sondern rechnet, so kommt man darauf, lass unter der Annahme, dass die Zapfen dasselbe Verhalten wie im mmetropischen Auge zeigen, also weder dichter stehen (in Anbetracht, lass zwischen den einzelnen Zapfen des gelben Fleckes gerade nicht überflüssige Räumlichkeiten vorhanden sind, fällt es mir etwas schwer, mir dieses Dichterstehen vorzustellen), noch auch verjüngt sind, ich sage man kommt darauf, dass unter dieser Annahme selbst bei den höchsten Graden von Hypermetropie die Sehschärfe durch die Verkürzung des Bulbus nur sehr wenig beeinflusst wird. Selbst bei einer Hypermetropie $^1/_3$, welche durch Accommodation gedeckt wird, wäre noch $S = \frac{17}{20}$, falls wir die des emmetropischen $= \frac{20}{20}$ setzen. Wenn man aber bedenkt, dass die Sehschärfe eines jugendlichen Auges in der Regel $\frac{25}{20}$ beträgt, so würde ein jugendliches Auge mit $H^1/_3$ (und nur ein solches kann seine Hypermetropie durch Accommodation decken) noch eine Sehschärfe $\frac{21}{20}$, also noch immer eine grössere als die normale darbieten. Bei $H\,^1/_5$ wäre, falls $S\ \frac{20}{20}$ als Mass genommen wird, S noch $^{18}/_{20}$, bei $H\,^1/_{10} = {}^{19}/_{20}$ und bei geringeren Graden von $S\frac{20}{20}$ kaum mehr verschieden.

Was geht daraus hervor? Das hypermetropische Auge würde in Folge seines Baues, d. h. in Folge des verringerten Abstandes seiner Knotenpunkte von der Netzhaut, eine verhältnissmässig geringe, in beigesetzter Tabelle I für verschiedene Grade der Axenlänge berechnete Abnahme seiner Sehschärfe zeigen. Columne I dieser Tafel, welcher das reducirte Auge zu Grunde liegt, enthält den Grad der Ametropie, Col. II die entsprechende Axenlänge ch, Col. III den Halbmesser ϱ, welchen die Krümmungsfläche dieses Auges annehmen muss, um parallele Strahlen in h zu vereinigen. In Col. IV ist $k_1 h$ d. i. der Abstand des durch Accommodation vorgerückten Knotenpunktes von der Netzhaut, in Col. V die Grösse des Netzhautbildes β, in Col. VI die Sehschärfe S des hypermetropischen Auges eingetragen, wenn das entsprechende Bild des emmetropischen Auges $= 1$ und dessen Sehschärfe $= \frac{20}{20}$ gesetzt wird.

Tabelle I.

Grad der Hypermetropie	Länge des Auges in Millimetern	Radius des durch Accommodation neutralisirten Auges	Abstand des Knotenpunktes des accommodirten Auges von der Netzhaut	Grösse des Netzhautbildes	Sehschärfe nach Snellen ausgedrückt
I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
$\frac{1}{3}$	17·04	4·26	12·78	0·85	17 : 20
$\frac{1}{4}$	17·66	4·42	13·24	0·88	17·6 : 20
$\frac{1}{5}$	18·07	4·52	13·55	0·90	18 : 20
$\frac{1}{6}$	18·36	4·59	13·77	0·92	18·4 : 20
$\frac{1}{7}$	18·57	4·64	13·93	0·93	18·6 : 20
$\frac{1}{8}$	18·73	4·68	14·05	0·94	18·8 : 20
$\frac{1}{10}$	18·97	4·74	14·23	0·95	19 : 20
$\frac{1}{15}$	19·30	4·82	14·48	0·97	19·4 : 20
$\frac{1}{30}$	19·64	4·91	14·73	0·98	19·6 : 20
$\frac{1}{60}$	19·82	4·96	14·86	0·99	19·8 : 20

Nach den Ergebnissen dieser Tabelle könnte also, falls es sich herausstellen sollte, dass bei Hypermetropie de facto eine bemerkenswerthe Abnahme der Sehschärfe vorkommt, dieselbe nicht aus der Axenverkürzung des Auges erklärt werden. Die tägliche Erfahrung zeigt nun, dass wenigstens bei bemerkenswerthen Graden von Hypermetropie, selbst wenn man das Netzhautbild durch ein vorgesetztes Glas — wir werden sehen wie dies geschieht — dem des emmetropischen Auges gleich oder es sogar grösser als letzteres macht, die Sehschärfe geringer als die normale ist, und dass sie bei höhergradiger Hypermetropie, $^1/_8$ — $^1/_3$, selbst unter den angedeuteten Verhältnissen gewöhnlich auf die Hälfte und unter dieses Mass sinkt. Es versteht sich von selbst, dass ich bei dieser Angabe von der Amblyopie, wie

e Ein Auge bei Hypermetropie so häufig zeigt und von dem Einflusse es Astigmatismus gänzlich absehe.

Würde ein Dichterstehen der Zapfen im hypermetropischen Auge attfinden, dann würde ein solches Auge (Fig. 43) schon unbewaffnet eine rössere Sehschärfe als das normale darbieten, da es zum deutlichen Sehen i die Ferne accommodiren muss, die Knotenpunkte dabei vorrücken und aher das Bild grösser als $a_1 b_1$, also auch relativ grösser als das dem $a_1 b_1$ quivalente $a b$ wird. Umsomehr aber müsste S steigen, falls durch Vorsetzung eines Glases $a_1 b_1$ im hypermetropischen Auge die Grösse von $a b$ es emmetropischen annehmen würde. Da aber die Erfahrung selbst in iesem Falle in der Regel eine Herabsetzung der Sehschärfe zeigt, so üssten wir, falls wir den Werth der letzteren von der Anzahl der getroffeen Retinal-Elemente abhängig machen wollten, zu dem Schlusse kommen, lass dieselben im verkürzten Auge nicht bloss nicht dichter, ondern nicht einmal so nahe aneinander wie im emmetroischen stehen, vielmehr einen grösseren gegenseitigen Abstand als n letzterem zeigen. Es wäre aber eine solche Annahme ebenso unrichtig, ls jene so allgemein giltige, welche die Herabsetzung der Sehschärfe bei lyopie auf das Auseinandertreten der Elemente zurückführt. So lange eine anatomischen Thatsachen in dieser Richtung vorgelegt werden önnen, müssen wir annehmen, dass die Zapfen des gelben Fleckes im ypermetropischen Auge ebenso wie im myopischen mit demselben urchmesser und in der gleichen Dichtigkeit wie im emmetropischen tehen, und dass die Herabsetzung der Sehschärfe bei Hypermetropie n einer Veränderung, wahrscheinlich mangelhaften Entwicklung derselben in ihrem Innern, nicht in ihren Dimensionen) beruht, da die Rechnung eigt, dass die Verkürzung des Bulbus einen verhältnissmässig sehr eringen Einfluss auf die Herabsetzung des Sehvermögens nehmen kann.

Die Tabelle II verzeichnet die für das myopische Auge wichtigen aten, wobei natürlich wieder vom reducirten Auge ausgegangen wurde, n Columne I den Grad der Anomalie, in Col. II die entsprechende Axenänge, in Col. III den Abstand des Knotenpunktes dieses Auges von er Netzhaut: km. Col. IV nennt die Grösse, welche der Radius der rechenden Fläche haben muss, damit ein Auge mit der Axenlänge von 0 M. einen gewissen Grad von M darbiete, oder damit ein emmetroisches Auge für einen entsprechenden Punkte accommodirt sei. In ol V findet sich der Abstand $k_1 f_2$ des Knotenpunktes k_1 eines solchen ages von der Netzhaut, in Col. VI die Grösse des Netzhautbildes es durch Axenverlängerung myopisch gemachten Auges, wenn jene des urch stärkere Brechkraft *des dioptrischen* Apparates myopisch ge-

machten oder des accommodirten emmetropischen gleich 1 gesetzt wird. Die letzte Reihe VII endlich enthält die Sehschärfe, die sich der Grösse des Netzhautbildes entsprechend ergeben müsste, falls die Sehschärfe des letztgenannten Auges $= 1$ oder $\frac{20}{20}$ angenommen wird.

Tabelle II.

Grad der Myopie	Länge des Auges	Abstand des Knotenpunktes des langen Auges von der Netzhaut	Radius des entsprechend accommodirten emmetropischen Auges	Abstand des Knotenpunktes des accommodirten emmetropischen Auges von der Netzhaut	Grösse des Netzhautbildes des langen Auges	Sehschärfe desselben nach Snellen ausgedrückt
I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
$\frac{1}{3}$	24·89	19·89	4·18	15·82	1·26	25·2 : 20
$\frac{1}{4}$	23·31	18·31	4·37	15·63	1·17	23·4 : 20
$\frac{1}{5}$	22·60	17·60	4·48	15·52	1·13	22·6 : 20
$\frac{1}{6}$	22·10	17·10	4·57	15·43	1·11	22·2 : 20
$\frac{1}{7}$	21·77	16·77	4·63	15·37	1·09	21·8 : 20
$\frac{1}{8}$	21·53	16·53	4·67	15·33	1·08	21·6 : 20
$\frac{1}{10}$	21·20	16·20	4·73	15·27	1·06	21·2 : 20
$\frac{1}{15}$	20·78	15·78	4·82	15·18	1·04	20·8 : 20
$\frac{1}{30}$	20·38	15·38	4·91	15·09	1·02	20·4 : 20
$\frac{1}{60}$	20·19	15·19	4·95	15·05	1·01	20·2 : 20

Auch diese Tabelle zeigt, dass die Grössenzunahme des Netzhautbildes im myopischen verlängerten Auge eine verhältnissmässig geringe ist. Selbst ein Auge mit *M* 1/7 z. B. hat erst einen geringen Vor*ing vor dem* accommodirenden emmetropischen Auge. Es versteht

sich von selbst, dass die Grössenzunahme der Bilder nur dann eine Bedeutung hat, wenn die Zahl der empfindenden Elemente in ihnen eine grössere ist. Dies letztere kann man mit grosser Bestimmtheit annehmen. In unserer Zeit, wo man es mit Angaben aller Art gerade nicht sehr genau nimmt, hat es doch noch kein Histologe über sich gebracht, zu behaupten, dass die Zapfen im gelben Flecke des myopischen Auges weniger dicht ständen, als im emmetropischen Bulbus. Und sowie es seine Schwierigkeit hat, sich klar zu machen, in welcher Weise die Zapfen im hypermetropischen Auge dichter stehen könnten als im emmetropischen, so ist auch die Vorstellung nicht leicht, wie die Zapfen im gelben Flecke des Myopen einfach von einander treten sollen, ohne gleichzeitig zu zerbrechen und zu zerbiegen.

Man hat nur aus dem Umstande, dass die Sehschärfe des myopischen Auges so häufig verringert ist, auf die von Donders früher angegebene Art der Netzhautzerrung geschlossen, aber mit demselben Rechte könnte man auch die Herabsetzung der Sehschärfe bei Hypermetropie auf Netzhautzerrung beziehen, und da eine derartige Annahme absurd wäre, so ist die erstere wenigstens nicht geboten. In der Lehre von der Myopie werden wir übrigens auch aus der Art des Sehens der Myopen die Unzulässigkeit einer solchen Zapfenauseinanderrückung kennen lernen.

Wenn nun wirklich im myopischen Auge relativ mehr Seheinheiten in dem Bilde eines bestimmten Objectes enthalten sind, dann muss daraus folgen, dass die Sehschärfe des myopischen Auges für vergleichbare Entfernungen grösser, als die des emmetropischen ist, falls die Zapfen des gelben Fleckes nicht krankhaft afficirt sind. Donders [1]) sagt: „Wo die $M > 1/6$ ist, ist die Sehschärfe häufig unvollkommen, ausser es wäre die Myopie angeboren und das Individuum noch sehr jung; bei $M > 1/5$ ist die Unvollkommenheit der Sehschärfe Regel, bei $M > 1/4$ vielleicht Regel ohne Ausnahme.“ Das Gesagte ist fast richtig, beweist aber nur, dass in der Zapfenschichte des gelben Fleckes bei Myopie häufig Veränderungen vorkommen, durch welche die Sehschärfe herabgesetzt wird, und zwar dann gewöhnlich in einer Weise, wie sie eine noch so disproportionale Zerrung der Netzhaut einfach durch die Verringerung der Zahl der Elemente im Bilde nie und nimmer erklären könnte. Dagegen gibt es auch myopische Augen, welche von diesen Alterationen des gelben Fleckes frei bleiben und bei denen dann die Zunahme der Sehschärfe deutlich ist, wiewohl

[1]) Anomalies etc. *pag. 390. Deutsche* Uebersetzung, pag. 371.

die Tabelle II klar zeigt, dass dieselbe selbst dann nur unbedeutende Grade erreichen kann. Wenn ich, dessen rechtes Auge durch Concav 5, dessen linkes durch Concav $5^1/_2$, $^1/_2$'' vor den Knotenpunkt des Auges gestellt, corrigirt wird, mit diesen Gläsern, deren verkleinernde Wirkung wir kennen lernen werden, noch Sehschärfe $\frac{30}{20} = 1^1/_2$ aufweise, so bin ich, wiewohl meine Myopie in ihrem Verlaufe und durch die Anwesenheit des Staphyloma posticum sich von der gewöhnlichen Form nicht unterscheidet, wenigstens über die Zerrung meiner Netzhaut im gelben Flecke beruhigt. Ich habe aber auch Fälle, wenn gleich sehr selten, gesehen, in denen durch corrigirende Concavgläser: $^1/_4$, ja selbst durch $\frac{1}{3\frac{1}{2}}$ Sehschärfen, grösser als $\frac{20}{20}$, sich ergaben. Diese positiven Fälle sind beweisend — und wenn man will, auch die negativen sind es in gewisser Hinsicht. Denn wenn Augen, die durch Concav $3^1/_2$ oder 3 corrigirt werden, gar häufig nur $S\ \frac{20}{100}$ zeigen, so ist es sicher, dass diese Herabsetzung der Sehschärfe nicht in der Zerrung der Netzhaut ihren Grund hat.

Aus dem Gesagten folgt:

1. Ist Myopie und Hypermetropie durch veränderte Brechkraft des dioptrischen Systems ohne Alteration der Axenlänge erzeugt, dann sind für vergleichbare Entfernungen die Netzhautbilder denen des emmetropischen Auges gleich, und ebenso verhält es sich mit der Sehschärfe.

2. Für Myopie und Hypermetropie, die durch Axenveränderung hervorgerufen sind, müssen wir, so lange nicht das Gegentheil erwiesen ist, annehmen, dass im gelben Flecke, in specie in der fovea centralis, die Zapfen mit gleichem Durchmesser und in gleicher Dichtigkeit, wie im emmetropischen Auge, stehen.

3. In Folge dessen enthält das Bild desselben Objectes für vergleichbare Distanzen im kurzen Auge weniger, im langen mehr Seheinheiten als im emmetropischen, ist die Sehschärfe des letzteren grösser, die des ersteren kleiner als die des Normalauges.

4. Die Differenzen sind aber viel unbedeutender, als man sich gewöhnlich vorstellt. Die zwei hierher gehörigen Tabellen geben in dieser Richtung Zahlenaufschlüsse.

5. Die bei *M* und *H* häufig zu beobachtende Herabsetzung der Sehschärfe, die nicht von einer Refractionsanomalie (dem Astigmatis-

mus) abhängig ist, hat ihren Grund in ungekannten Veränderungen der Zapfen des gelben Fleckes.

Zehnte Vorlesung.

Einfluss der Brillengläser auf die Lage der Cardinalpunkte des Auges, sowie auf die Sehschärfe.

Zwei lange Vorlesungen haben wir schon, meine Herren, der Sehschärfe, diesem Stiefkinde der physikalischen Untersuchung des Auges, gewidmet und den Gegenstand doch noch nicht genügend erschöpft. Noch haben wir von dem Einflusse der sphärischen Gläser auf die Sehschärfe zu handeln. Die Fragen, die hiebei von praktischer Wichtigkeit sind, lauten:

1. In welcher Weise wird die Sehschärfe eines Kurzsichtigen, der ja nur mit Hilfe eines Concavglases deutlich in die Ferne sehen kann, durch dieses Glas modificirt, d. h. wie verhält sich die Sehschärfe des bewaffneten Auges zu jener, die das Auge hätte, wenn es ohne Anwendung eines Glases deutlich in die Ferne sehen könnte. Die Frage wird aufgeworfen für den Fall, dass die Myopie durch Axenverlängerung, sowie auch für den, dass sie durch stärkere Krümmung der brechenden Flächen bedingt ist. Es ergibt sich daraus der Einfluss des Glases auf das verlängerte, sowie auf das durch Accommodation myopisch gemachte Auge.

Ferner: welches ist die Grösse des Netzhautbildes eines neutralisirten myopischen im Vergleich mit jenem des emmetropischen Auges?

2. In welcher Art wird die Sehschärfe des hypermetropischen Auges beeinflusst, wenn dasselbe nicht durch Accommodation seine Hypermetropie deckt, sondern falls die Anomalie durch ein vor das Auge gesetztes Convexglas corrigirt wird, und wie äussert sich die Wirkung des Glases, je nachdem die Anomalie in einer Axenverkürzung oder in der schwächeren Brechkraft des dioptrischen Systems ihren Grund hat.

Ferner: welches ist die Grösse des Netzhautbildes eines neutralisirten hypermetropischen im Vergleich zu jenem des emmetropischen Auges.

Es ist geradezu wunderbar, mit welcher Gleichgiltigkeit man die Beantwortung dieser Fragen, sowie mancher anderer diesbezüg-

licher in der letzten Vorlesung besprochener durch lange Zeit vernachlässigt hat, wiewohl der Weg hierzu ein höchst einfacher, durch die allgemein bekannten Formeln der physiologischen Optik gegebener ist; und wenn Donders bei der Besprechung der Wirkung, welche sphärische Gläser im Allgemeinen zeigen, im Grossen und Ganzen den Weg der Berechnung andeutet und auf die betreffenden Formeln hinweist, so hat er doch von denselben (ausser für die Fälle von Aphakie) keinen Gebrauch gemacht. Wir wollen darin die Entschuldigung dafür suchen, dass sich sowohl in der englischen als in der deutschen Ausgabe seines grossen Werkes etwas befremdende Ansichten über die Wirkung der Gläser finden. Wenn es z. B. bei Besprechung der Sehschärfe der Hypermetropen heisst: „Dieses Verhältniss (die Verkleinerung der Netzhautbilder wegen der geringeren Entfernung des Knotenpunktes von der Netzhaut) wird im Allgemeinen beim Gebrauche von Convexgläsern fortbestehen, wenn nicht starke Gläser erforderlich sind und diese verhältnissmässig weit vom Auge gehalten werden," so entspricht diese Angabe nicht dem thatsächlichen Verhältnisse, denn die einfachste Erwägung lehrt, dass in dieser Beziehung die Stärke der Gläser gar nicht, sondern nur deren Abstand vom Auge in Betracht kommt, und dass bei einem ganz mässigen Abstand des Glases vom Auge, wie er sogar gewöhnlich stattfindet, die Bilder des hypermetropischen Auges dieselbe räumliche Ausdehnung haben, wie jene des emmetropischen.

Bereits im Jahre 1866 habe ich die Vergrösserungen berechnet, welche man bei der Untersuchung emmetropischer und ametropischer Augen mit dem Augenspiegel im aufrechten und verkehrten Bilde erhält. Es sind dabei die Berechnungen geführt für die verschiedensten Fälle, für die Ametropien, die durch Axenänderung, sowie für jene, die durch geänderte Brechkraft des dioptrischen Systems erzeugt sind; für den Fall, dass das corrigirende Glas einen halben, sowie für den, dass es einen ganzen Zoll vor dem Knotenpunkte des untersuchten Auges steht; es ist verglichen die Vergrösserung, welche ein hypermetropisches Auge, das seine Hypermetropie durch Accommodation überwindet, darbietet, mit jener, die sich ergibt, falls H durch Gläser corrigirt wird; es ist gezeigt, wie die Formeln der physiologischen Optik für die Berechnung der sämmtlichen Cardinalpunkte des aus Glas und Auge bestehenden Systems verwerthet werden.

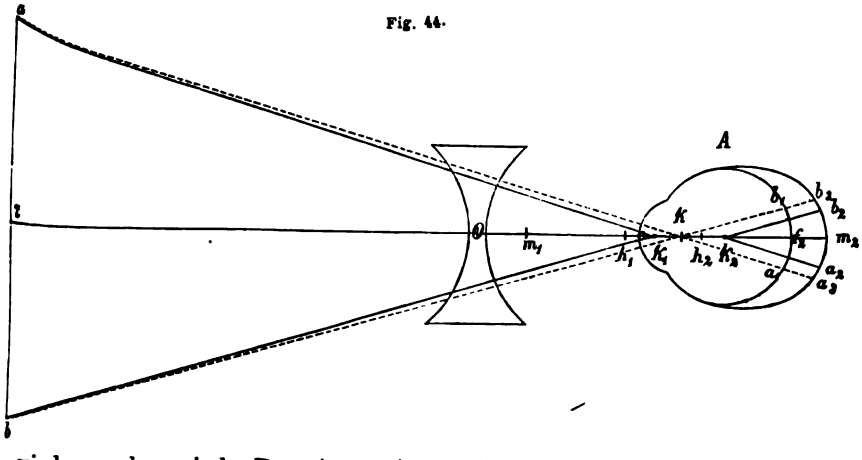
In den daselbst gefundenen Grössen liegen so ziemlich alle Daten für die Berechnung der Sehschärfe unter den verschiedensten Bedingungen. In neuerer Zeit sind zwei Arbeiten über den in Rede stehenden

Gegenstand erschienen. Die eine: „Zur Bestimmung der Sehschärfe bei Ametropie“ von Woinow bedauere ich nicht blos als in den Einzelheiten (den Rechnungen) höchst uncorrect, sondern vor Allem als in ihren Resultaten vollkommen fehlerhaft bezeichnen zu müssen. Die andere ist die schon früher erwähnte Arbeit Knapp's, in welcher wenigstens ein Theil der hierher gehörigen Berechnungen gegeben wird.

Zeigen wir zunächst in einem auffallenden Beispiele, in welcher Weise die Berechnungen, von denen die Rede ist, ausgeführt werden. Es ist dies zum Theil eine Wiederholung dessen, was schon bei früherer Gelegenheit angegeben wurde [1]). Es wird sich hierbei, abgesehen von der Ergründung der Linsengesetze, herausstellen, in welcher Weise die ganze Rechnung für unseren Zweck sich vereinfacht, und wie allein jener Werth in Betracht kommt, den schon Donders bei der Berechnung der Vergrösserung des Bildes im aphakischen Auge verwendete.

In unserem Vorhaben wird uns die beigesetzte Figur 44 unterstützen, in welcher die folgenden Zahlenverhältnisse (mit Ausnahme von rc, welches 20 Pariser Fuss bedeutet) unmittelbar, so gut es anging,

Fig. 44.



wiedergegeben sind. Das Auge A mit der Axe cm_2 ist ein Auge mit $M^1/_3$, bedingt durch die Verlängerung des emmetropischen reducirten Auges (mit der Axe $cf_2 = 20$ M$^{m.}$) um 4·89 M$^{m.}$; cm_2 ist $= 24{\cdot}89$ und km_2, der Abstand des Knotenpunktes von der Netzhaut, $= 19{\cdot}89$ M$^{m.}$ Das Bild des Objectes ab, welch' letzteres sich in einem Abstand von $rc = 20$ P. F. $= 6501{\cdot}12$ M$^{m.}$ (genau) vom Auge befindet, würde,

[1]) Zeitschrift für praktische Heilkunde, 1866. Bestimmung der Refractionsanomalien mit Hilfe des *Augenspiegels*, 1867; und Lehrbuch der Ophthalmoscopie, *I. Abtheilung, 1867.*

falls das myopische Auge ein deutliches Bild davon auf der Retina entwerfen könnte, durch $a_3 b_3$ gegeben sein; in Zahlen erhalten wir es, wenn wir bedenken, dass

$$\text{(I)}\quad ab : a_3 b_3 = rk : k m_2 = (6501{\cdot}12 + 5) : 19{\cdot}89 = 327{\cdot}1 : 1,$$

$$\text{daher}\quad a_3 b_3 = \frac{1}{327.1}\, ab.$$

Da aber nur mit Hilfe eines Concavglases ein deutliches Sehen für die Ferne ermöglicht wird, so ändert sich die Sache. $M^1/_3$ wird, wie wir sehen werden, falls wir das neutralisirende Glas 1^a vor den Knotenpunkt des Auges stellen, durch Concav 2 corrigirt. Der optische Mittelpunkt o dieses Glases stehe also von k 1 P. Z. = 27·1 M^m· ab. Glas und Auge bilden nun ein zusammengesetztes dioptrisches System, derart, dass der hintere Brennpunkt desselben in m_2 geiegen ist, d. h. dass parallele Strahlen, als welche wir die von dem entfernten Objecte ab kommenden ansehen können, mit Hilfe des Glases auf der Retina vereinigt werden. — Dies ist ja der Begriff der Correction der Myopie durch das Concavglas.

Wüssten wir, wo der Knotenpunkt des Sammelsystems liegt, dann könnten wir die Grösse des Netzhautbildes construiren und berechnen und unsere Aufgabe wäre gelöst. Während das verwendete reducirte Auge nur Einen Knotenpunkt hat, und auch die beiden Knotenpunkte des schematischen so nahe aneinander liegen, dass man ohne einen wesentlichen Fehler zu begehen, sich dieselben in Einen vereinigt denken kann, ergibt sich in dem aus Glas und Auge zusammengesetzten Systeme eine derartige Distanz zwischen erstem und zweitem Knotenpunkte, dass von einer Vernachlässigung derselben um so weniger die Rede sein kann, als nicht einmal die relative Lage beider zum Knotenpunkte des unbewaffneten Auges dieselbe zu sein braucht. So liegt in unserem vorliegenden Falle der erste Knotenpunkt weit vor, der zweite dagegen weit hinter dem Knotenpunkte des unbewaffneten Auges.

Man findet die Cardinalpunkte des Sammelsystems, wenn die Brennweiten beider Systeme und der Abstand zwischen dem 2. Hauptpunkt des ersten und dem 1. Hauptpunkte des 2. Systems bekannt sind. Die vordere und hintere Brennweite f_1 und f_2 des ersten Systems, nämlich der Glaslinse, sind gleich gross; $f_1 = f_2 = f$ ist negativ, sie beträgt — 2 P. Z. d. i. — 54·2 M^m· Das 2. System, das Auge, hat eine vordere Brennweite $\varphi_1 = 15$, und eine hintere, $\varphi_2 = 20$ M^m· Für den 2. Hauptpunkt des ersten Systems nehmen wir das optische Centrum der Linse, in welchem man sich beide Hauptpunkte vereinigt denken kann. *Das zweite System*, das Auge, hat ohnehin nur Einen Haupt-

punkt, der im Scheitel c der Cornea liegt. Der Abstand oc wird mit d bezeichnet, und da $ok = 27{\cdot}1$, so ist $oc = d = 22{\cdot}1$ M$^{m.}$ Es ist also

$$f_1 = f_2 = f = -54{\cdot}2$$
$$\varphi_1 = 15,\ \varphi_2 = 20$$
$$d = 22{\cdot}1$$

Bezeichnen wir ferner den Ausdruck: $\varphi_1 + f - d$ (in unserem Falle $= -61{\cdot}3$) mit x, so erhalten wir zur Berechnung der Lage der Cardinalpunkte des Sammelsystems folgende einfache Formeln:

$$F_1 = \frac{\varphi_1 f}{x},\ F_2 = \frac{\varphi_2 f}{x}$$
$$H_1 = \frac{d f}{-x},\ H_2 = \frac{d \varphi_2}{-x}$$

Daraus ergibt sich für unsern Fall:

$$F_1 = \frac{15 \times -54{\cdot}2}{-61{\cdot}3} = 13{\cdot}26,\ F_2 = \frac{20 \times -54{\cdot}2}{-61{\cdot}3} = 17.68$$
$$H_1 = \frac{22{\cdot}1 \times -54{\cdot}2}{61{\cdot}3} = -19{\cdot}54,\ H_2 = \frac{22{\cdot}1 \times 20}{61{\cdot}3} = 7{\cdot}21$$

H_1 bedeutet die Entfernung des 1. Hauptpunktes h_1 des Sammelsystems vom 1. Hauptpunkte des 1. Systems, d. i. des Glases, der wie wir sagten, mit dem 2. vereinigt, in o liegt. Der negative Werth von H_1 gibt an, dass h_1 hinter o gelegen sei. Wir tragen daher h_1 in unserer Zeichnung (Fig. 44) 19·54 M$^{m.}$ hinter o ein, und da oc 22·1 M$^{m.}$ beträgt, so liegt h_1 2·56 M$^{m.}$ vor dem Scheitel des Auges. H_2 gibt den Abstand des 2. Hauptpunktes h_2 des Sammelsystems vom 2. Hauptpunkte des 2. Systems, d. i. des Auges. Der positive Werth von H_2 bedeutet, dass h_2 hinter c, dem vereinigten Hauptpunkte des Auges, liege. Dem zu Folge nimmt h_2 in der Zeichnung seinen Platz 7·21 M$^{m.}$ hinter c ein. F_1 und F_2 geben uns die Werthe für die beiden Hauptbrennweiten des Sammelsystems. F_2 beträgt 17·68 M$^{m.}$; der 2. Brennpunkt des Sammelsystems liegt also 17·68 M$^{m.}$ hinter h_2, und demnach, da $c\,h_2$ 7·21 M$^{m.}$ gleicht, $7{\cdot}21 + 17{\cdot}68 = 24{\cdot}89$ M$^{m.}$ hinter c, d. h. er fällt nach m_2, wohin er ja fallen muss. Wäre uns nicht aus früherer Berechnung die Länge des Auges mit $M^1/_3$ schon bekannt, so würde sie uns jetzt, durch den Werth von H_2 und F_2 gegeben. F_1, die vordere Brennweite, gibt uns die Lage des 1. Brennpunktes m_1 des Sammelsystems: 13·26 M$^{m.}$ vor h_1 an. So wenig uns die Lage dieses Punktes m_1 für unsere Betrachtungen interessirt, so wichtig ist der Werth von F_1, denn da in jedem zusammengesetzten optischen System die erste Hauptbrennweite gleich ist dem Abstande des 2. Knoten*punktes vom 2.* Brenn*punkte*, so ist auch für

unser Sammelsystem $F_1 = k_2\, m_2$. Damit ist die Lage des 2. Knotenpunktes k_2 des Sammelsystems, 13·26 M$^{m.}$ vor der Netzhaut m_2 festgestellt. Endlich gilt die Gleichung $h_1\, h_2 = k_1\, k_2$, und da $h_1\, h_2 = 2{\cdot}56 + 7{\cdot}21 = 9{\cdot}77$ M$^{m.}$, so liegt auch k_1, der 1. Knotenpunkt des Sammelsystems, 9·77 M$^{m.}$ vor k_2, daher 23·03 vor der Netzhaut und 1·86 M$^{m.}$ hinter dem Scheitel c des Auges.

Hiermit sind sämmtliche Cardinalpunkte des aus Glas und Auge zusammengesetzten optischen Systems bestimmt. Uns interessirt vor allem die Lage der beiden Knotenpunkte. In Betreff dieser letzteren hat sich herausgestellt, dass, wenn wir $M^1/_3$ (bedingt durch Verlängerung des reducirten Auges um 4·89 M$^{m.}$) durch Concav 2, 1″ vor den Knotenpunkt des Auges gestellt, corrigiren, der erste Knotenpunkt des neuen Systems vor den Knotenpunkt des Auges rückt, und zwar beträgt die Vorrückung 3·14 M$^{m.}$, während zugleich der zweite Knotenpunkt des Sammelsystems um 6·63 M$^{m.}$ nach rückwärts gegen die Netzhaut gewandert ist. Es ergibt sich demnach das Resultat, dass das corrigirte Auge nunmehr unter einem grösseren Gesichtswinkel als früher sieht, denn es ist $a\, k_1\, b > a\, k\, b$, aber ist deshalb auch das Netzhautbild von $a\, b$ grösser geworden, hat das Auge jetzt eine grössere Sehschärfe, als es hätte, wenn es ohne Glas deutlich in die Ferne sehen könnte? Trotz der bekannten verkleinernden Wirkung der Concavgläser hat diese Frage eine Berechtigung, seitdem Woinow die Vergrösserungs- und Verkleinerungswirkung eines Glases von dem Einfluss desselben auf die „Tangente des Sehwinkels," also von der Grösse des letzteren abgängig machen wollte.

Das Netzhautbild, welches das Sammelsystem von $a\, b$ entwirft, können wir construiren, indem wir $a\, k_1$ und $b\, k_1$, ferner $k_2\, a_2 \parallel a\, k_1$ und $k_2\, b_2 \parallel b\, k_1$ ziehen. Es ist nunmehr $a_2\, b_2$ das gesuchte Bild. Um wie viel $a_2\, b_2$ kleiner ist als $a_3\, b_3$, ergibt die Rechnung. Wir berechnen zunächst die Grösse von $a_2\, b_2$. Es ist

$$\text{(II)}\quad a\,b : a_2 b_2 = r\,k_1 : k_2 m_2 = (6501{\cdot}12 + 1{\cdot}86) : 13{\cdot}26$$

$$\text{daher}\quad a_2 b_2 = \frac{1}{490{\cdot}4}\, a\,b$$

$$\text{Früher fanden wir}\quad a_3 b_3 = \frac{1}{327.1}\, a\,b$$

$$\text{daher}\quad a_2 b_2 : a_3 b_3 = 327{\cdot}1 : 490{\cdot}4$$

$$\text{und}\quad a_2 b_2 = 0{\cdot}667\; a_3 b_3$$

Schreiben wir die Proportion I (pag. 172) wie folgt: $a\,b : r\,k = a_3 b_3 : k m_2$ *ud darunter* in gleicher Weise die Proportion II : $a\,b : r\,k_1 = a_2 b_2 : k_2 m_2$

so würden, falls $rk = rk_1$ wäre, die ersten Theile beider Proportionen, und also auch die zweiten Theile gleich, daher

$$a_2b_2 : a_3b_3 = k_2m_2 : km_2 = 13{\cdot}26 : 19{\cdot}89 = 0{\cdot}667 : 1 = 1 : 1{\cdot}5$$

Nach der letzten Proportion ergibt sich:

$$a_2b_2 = 0{\cdot}667\ a_3b_3 \text{ und } a_3b_3 = 1{\cdot}5\ a_2b_2$$

Wir erhalten demnach denselben Werth für a_2b_2, wie durch die umständliche Berechnung und dies aus dem Grunde, weil wir $rk = rk_1$ setzen können, da bei dem grossen Werthe von rc die Differenz zwischen ck und ck_1 zu vernachlässigen erlaubt ist, selbst wenn diese Differenz die grössten Werthe, (wie z. B. einen solchen in unserem als Beispiel gewählten ziemlich extremen Falle) erreicht.

Daraus folgt, dass um die verkleinernde Wirkung eines Concav-Glases auf die Grösse des Netzhautbildes bei Myopie, die durch anomale Axenlänge bedingt ist, kennen zu lernen, wir nur die beiden Grössen welche km_2 und k_2m_2 entsprechen, zu kennen brauchen.

Die erste wird bestimmt durch die Länge des Auges, daher durch die Formel $l_1\ l_2 = \varphi_1\ \varphi_2$ (siehe pag. 154), die zweite durch die Formel $F_1 = \frac{\varphi_1 f}{x}$ = dem Abstande des zweiten Knotenpunktes k_2 des Sammelsystems von der Netzhaut. Bezeichnen wir ganz allgemein das Bild $a_2\ b_2$, welches das myopische Auge von entfernten Objecten mit Hilfe des corrigirenden Glases entwirft, mit β_1, das Bild $a_3\ b_3$ d. i. jenes, welches im unbewaffneten ametropischen Auge zu Stande käme, mit β_2, den Abstand des (2.) Knotenpunktes des unbewaffneten Auges von der Netzhaut mit g_2 und jenes des bewaffneten Auges von derselben mit g_1, dann ergibt sich:

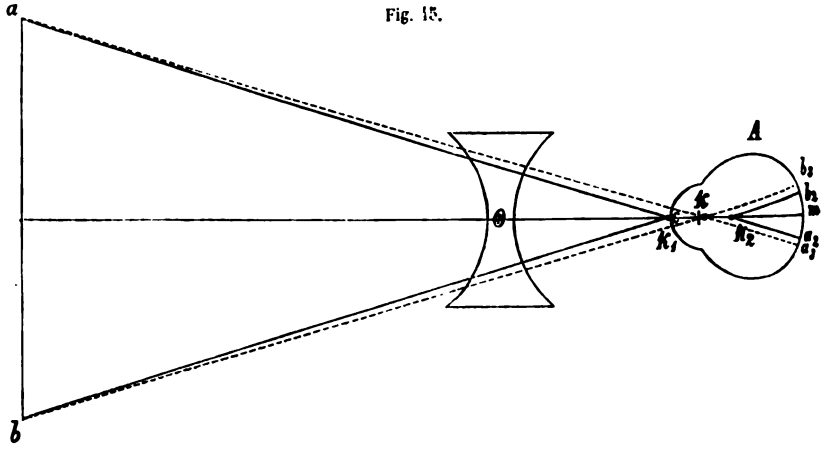
$$\beta_1 : \beta_2 = g_1 : g_2$$

In unserem als Beispiel gewählten Falle erhielten wir $\beta_1 = 0{\cdot}667\ \beta_2$. Hätte nun das Auge bei einer Grösse des Netzhautbildes $= \beta_2$ eine Sehschärfe $\frac{20}{20'}$, so würde es mit dem corrigirenden Glase unter den gegebenen Bedingungen Sehschärfe $0{\cdot}667 \times \frac{20}{20} = \frac{13{\cdot}34}{20}$ aufweisen.

Wenn also ein Auge mit Myopie $^1/_3$, dessen Myopie durch Axenverlängerung bedingt, und durch ein 1″ vor k gesetztes Concavglas von 2″ B. W. corrigirt wird, die Schrift XX Snellen auf 13·34′ liest, so ist dessen Sehschärfe gleichwerthig mit jener, die ein emmetropisches Auge darbietet, wenn es *dieselbe Schrift* auf 20′ erkennt.

Die nächste Frage, die wir zu beantworten haben, lautet: Welches ist der Einfluss des corrigirenden Glases, falls die Myopie $^1/_3$ nicht durch Axenverlängerung, sondern durch **stärkere Brechkraft** des dioptrischen Systems bedingt wäre, oder falls ein vortrefflich accommodirendes Auge ein so starkes Concavglas durch Accommodation überwinden würde. Den Fall führt uns Fig. 45 vor. Da bietet das Auge *A* mit

Fig. 45.



der Länge $cm = 20$ M^m. $M^1/_3$ dar, weil die Krümmung der brechenden Fläche nicht 5, sondern 4·18 M^m. (siehe pag. 157) beträgt, der Knotenpunkt k also nicht 5, sondern 4·18 M^m. hinter c liegt. Der Werth von $km = g_2$ ist demnach 15·82 M^m. $k_2 m = g_1$ finden wir, wie bekannt, durch die Formel $F_1 = \frac{\varphi_1 f}{\varphi_1 + f - d}$. φ_1 (und φ_2) haben jetzt natürlich nicht die Werthe von 15, resp. 20 M^m., werden ja doch durch die stark brechende Fläche parallele Strahlen vor der Netzhaut vereinigt!

Allein φ_1 und φ_2 sind sehr leicht zu bestimmen. Es ist nämlich $\varphi_1 = \frac{n_1 \varrho}{n_2 - n_1}$, $\varphi_2 = \frac{n_2 \varrho}{n_2 - n_1}$ und da für unser Auge $n_1 = 1$, $n_2 = {}^4/_3$, so ist für alle derartigen Rechnungen $\varphi_1 = 3\varrho$ und $\varphi_2 = 4\varrho$, im speciellen Falle $\varphi_1 = 12{\cdot}54$ und $\varphi_2 = 16{\cdot}72$ M^m. Die Brennweite des corrigirenden Glases sei wieder — 2 P. Z; dann muss dasselbe wieder Einen Zoll vor dem Knotenpunkt des Auges stehen, also $ok = 27{\cdot}1$ M^m. sein. Da ck jetzt 4·18 M^m., so ist $d = 22{\cdot}92$, mithin

$$F_1 = \frac{12{\cdot}54 \times -54{\cdot}2}{12{\cdot}54 - 54{\cdot}2 - 22{\cdot}92} = 10{\cdot}52 = g_1.$$ Daher

$$\beta_1 : \beta_2 = 10{\cdot}52 : 15{\cdot}82$$

und $\beta_1 = 0{\cdot}665\ \beta_2$ sowie $\beta_2 = 1{\cdot}504\ \beta_1$.

S wäre dann mit Glas $\frac{13{\cdot}3}{20}$, falls sie ohne Glas $\frac{20}{20}$ gleichkäme.

Wir sehen, dass in unserem Falle die verkleinernde Wirkung des Glases ungefähr dieselbe ist, sei es, dass die Myopie durch Verlängerung der Axe, sei es, dass sie durch stärkere Brechkraft des Auges erzeugt wird.

Wie finden wir nun, wenn in einem bestimmten Falle, falls ein Auge durch Concav 2, 1″ vor k, corrigirt wird, eine bestimmte Sehschärfe sich ergibt, die Sehschärfe, welche dem Auge eigentlich entspricht? Es zeigt ein solches Auge z. B. unter den genannten Bedingungen $S_1 = \frac{8}{20}$, wie gross ist eigentlich S, falls die verkleinernde Wirkung des Concavglases in Betracht gezogen wird. Die Grösse von $a_2\, b_2 = \beta_1$ ist durch $S_1 = \frac{8}{20}$ gegeben. Gesucht wird $a_3\, b_3 = \beta_2$, ausdrückbar durch S. Es ergab sich $\beta_2 = 1{\cdot}5\ \beta_1$ für das lange und $\beta_2 = 1{\cdot}504\ \beta_1$ für das stark brechende Auge. Demnach ist

$$S = 1{\cdot}5 \times \frac{8}{20} = \frac{12}{20}, \text{ resp. } 1{\cdot}504 \times \frac{8}{20} = \frac{12{\cdot}032}{20}.$$

Die Sehschärfe eines solchen Auges ist also um ein Drittel grösser, als sie sich bei der Prüfung mit dem Glase ergibt und es ist 1·5 sowohl für das lange, als für das stark brechende Auge die Vergrösserungszahl, mit welcher jedesmal, so oft ein Auge durch Concav 2, 1″ vor k, corrigirt wird, der gefundene Werth der Sehschärfe multiplicirt werden muss, um die wirkliche Grösse der Sehschärfe zu ermitteln. Nur diese Vergrösserungszahl hat für die Untersuchung einen praktischen Werth, mit dem „Verkleinerungscoefficienten" des Concavglases ist direct Nichts anzufangen.

Ist diese Vergrösserungszahl für die verschiedenen Concavgläser je nach ihrem Stande vor dem Auge ermittelt und sind die Resultate in eine Tabelle zusammengestellt, dann kann mit Hilfe der letzteren die in einem speciellen Falle bei corrigirter Myopie gefundene Sehschärfe sofort auf das eigentliche Mass zurückgeführt werden.

Ausser dieser verkleinernden Wirkung des Glases interessirt uns noch die Grösse des Netzhautbildes des neutralisirten Auges im Vergleiche mit der Grösse des Bildes des emmetropischen. In Fig. 44 stellt uns $a_1\, b_1 = b$ *das Bild dar, welches* das emmetropische Auge vom

Object ab entwirft. Es verhält sich $b : \beta_1 = kf_2 : k_2 m_2$, d. i. für das lange Auge $b : \beta_1 = 15 : 13{\cdot}26$ und $\beta_1 = 0{\cdot}884\, b$.

Für das stark brechende Auge, (Fig. 45) $b : \beta_1 = 15 : 10{\cdot}52$ und $\beta_1 = 0{\cdot}701\, b$. Machen wir die Sehschärfe nur von der Grösse des Netzhautbildes abhängig, dann würde ein langes Auge mit $M^1/_3$, welches für vergleichbaren Abstand S $1^1/_4$ $\left(\frac{25}{20}\right)$ (siehe pag. 157) darbietet, durch Concav 2 für die Ferne corrigirt nur $S = 0{\cdot}884 \times \frac{20}{20} = \frac{17{\cdot}68}{20}$ zeigen, während ein stark brechendes derartiges Auge, das für 3″ dieselbe S wie ein emmetropisches hat, durch Concav 2 corrigirt $S = 0{\cdot}701 \times \frac{20}{20} = \frac{14{\cdot}02}{20}$ hätte.

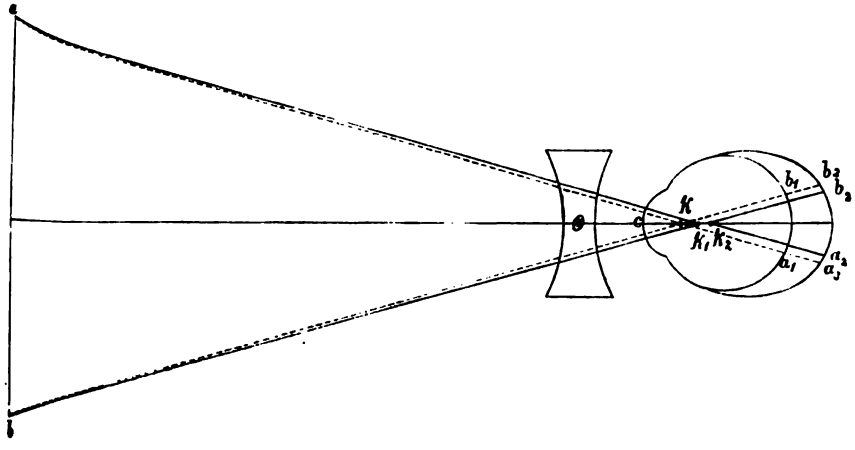
Aus Fig. 45 können wir zunächst noch Folgendes lernen. Die Rechnung zeigt, dass in dem gegebenen Falle der 1. Knotenpunkt des Sammelsystems 9·61 M$^{m.}$ vor dem 2., also 9·61 + 10·52 M$^{m.}$ vor der Netzhaut gelegen sei. Er fällt demnach, da das Auge eine Länge von nur 20 M$^{m.}$ hat, 0·13 M$^{m.}$ vor c, vor den Scheitelpunkt des Auges. Es hat also hiebei eine bedeutende Vorrückung des 1. Knotenpunktes, (um 5·13 M$^{m.}$ gegen den des emmetropischen Auges), sogar vor das Auge hinaus stattgefunden, der Sehwinkel und dessen Tangente sind verhältnissmässig sehr bedeutend vergrössert, aber das Netzhautbild ist nur 0·7 von dem des emmetropischen Auges, weil eben dessen Grösse und damit auch die Sehschärfe nur von dem Abstande des 2. Knotenpunktes von der Netzhaut abhängt und dieser letztere im gegebenen Falle um 4·48 M$^{m.}$ gegen die Netzhaut hinter den Knotenpunkt des emmetropischen Auges verschoben ist.

Das Gesetz, nach welchem der 1. und 2. Knotenpunkt sich durch das Vorsetzen von Concavgläsern verschieben, kann uns aber erst klar werden, wenn wir verschiedene Abstände des corrigirenden Glases in Betracht ziehen. Nachdem wir sämmtliche Verhältnisse dargestellt, welche bei der Correction einer $M^1/_3$ durch Concav 2, Einen Zoll vor den Knotenpunkt gestellt, in Betracht kommen, wollen wir zunächst diese Myopie durch ein Concavglas neutralisiren, welches seinen Stand einen halben Zoll vor k einnimmt. Hiezu ist, wie wir sehen werden, ein Glas von $2^1/_2$″ = 67·7 M$^{m.}$ negativer Brennweite erforderlich.

In dem Auge mit $M^1/_3$ und der Axenlänge von 24·89 M$^{m.}$ wird *(Fig. 46)* durch das Vorsetzen von $-\frac{1}{2^1/_2}$, $^1/_2$″ = 13·54 M$^{m.}$ vor

k, die Lage der Knotenpunkte so geändert, dass der 2. Knotenpunkt k_2 16·58 M$^{m.}$ vor der Netzhaut, der 1. Knotenpunkt k_1 6·42 M$^{m.}$ hinter c liegt, so dass der Abstand beider Knotenpunkte 1·89 M$^{m.}$ beträgt.

Fig. 46.



Der erste Knotenpunkt des Sammelsystems ist also hiebei um 1·42 hinter den Knotenpunkt des unbewaffneten Auges gerückt, der Gesichtswinkel ist also hiebei kleiner geworden, während der 2. Knotenpunkt um 3·31 M$^{m.}$ hinter k wanderte. Es verhält sich

$$\beta_1 : \beta_2 = 16{\cdot}58 : 19{\cdot}89$$

daher $\beta_1 = 0{\cdot}834\ \beta_2$ und $\beta_2 = 1{\cdot}2\ \beta_1$

ferner $\beta_1 : b = 16{\cdot}58 : 15$, folglich $\beta_1 = 1{\cdot}105\, b$

Im stark brechenden Auge mit $M^1/_3$, dessen Länge 20 M$^{m.}$, dessen Radius $ck = 4{\cdot}18$ M$^{m.}$, rückt unter den gleichen Umständen k_1 um 0·69, k_2 um 2·66 hinter k, wobei also $k_1\ k_2 = 1{\cdot}97$ M$^{m.}$, $ck_1 = 4{\cdot}87$ und $k_2 m = 13{\cdot}16$ M$^{m.}$

Es ist dann $\beta_1 : \beta_2 = 13{\cdot}16 : 15{\cdot}82$

folglich $\beta_1 = 0{\cdot}832\ \beta_2$ und $\beta_2 = 1{\cdot}202\ \beta_1$

ferner $\beta_1 : b = 13{\cdot}16 : 15$ und $\beta_1 = 0.877\, b$

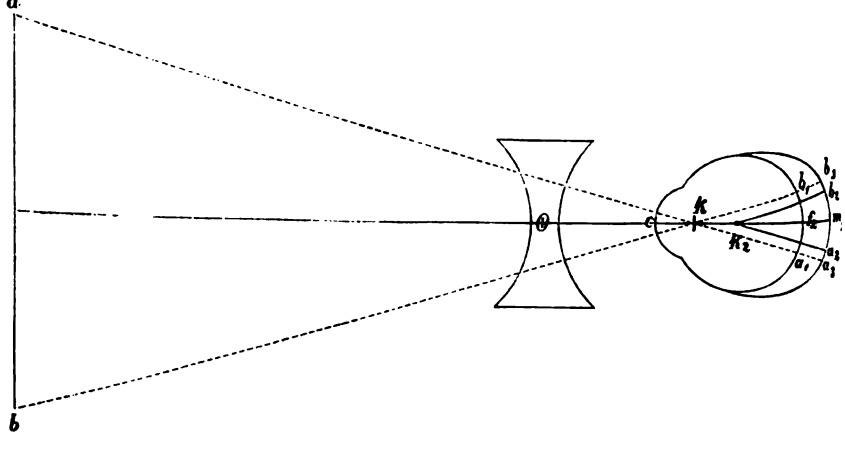
Aus den gegebenen Zahlen folgt: Wird $M^1/_3$ durch Concav $2^1/_2$ corrigirt, dann ist, falls die Sehschärfe des unbewaffneten Auges $\frac{20}{20}$ betragen würde, $S = \frac{16{\cdot}68}{20}$, resp. $\frac{16{\cdot}64}{20}$; die Vergrösserungszahl ist 1·2, resp. 1·202. Im langen Auge hat unter solchen Umständen das Bild einen factisch *grösseren Durchmesser* als im emmetro-

pischen. Die Sehschärfe, einzig als Function der Bildgrösse betrachtet, wäre also in einem langen Auge mit $M^1/_3$, dessen Correctionsglas $^1/_2''$ vor k steht, noch grösser, als die normale, sie betrüge $\frac{22{\cdot}1}{20}$. Das stark brechende oder durch Accommodation myopisch gemachte Auge wird dagegen auch in diesem Falle eine geringere S, nämlich $\frac{17{\cdot}54}{20}$ darbieten.

Endlich nehmen wir den Fall, dass das Correctionsglas $^3/_4'' =$ 20·31 M^m· vor dem Knotenpunkte angebracht würde. Es steht dann das optische Centrum des Glases beim reducirten Auge 15·31, beim schematischen, dessen 1. Knotenpunkt 6.957 M^m· hinter der Vorderfläche der Hornhaut liegt, 13·353 M^m vor der Hornhaut. Nun liegt der vordere Brennpunkt beim reducirten Auge 15, beim schematischen 12·918 M^m· vor dem Cornealscheitel. Wir können demnach sagen, dass, wenn wir Myopie (oder Hypermetropie), welche auf abnormer Axenlänge beruht, durch ein Glas, $^3/_4''$ vor k, corrigiren, das optische Centrum des Glases hierbei im vorderen Brennpunkte des Auges steht, indem wir die theoretische Differenz von 0·3 — 0·4 M^m· vernachlässigen.

$M^1/_3$ wird (Fig. 47), wenn das Correctionsglas $^3/_4''$ vor k, durch Concav $2^1/_4$ (= 60·97 M^m·) corrigirt. Für die theoretische Betrachtung

Fig. 47.



muss das Concavglas, wenn es im vorderen Brennpunkte des reducirten Auges steht, eine Zerstreuungsweite von 60·97 + 0·31 = 61·3 M^m haben. Die Zerstreuungsweite des Glases ist natürlich unter solchen Umstände

gleich l_1 d. i. dem Abstande des Fernpunktes vom 1. Brennpunkte, da ja das im vorderen Brennpunkte des Auges stehende Glas die parallelen Strahlen so divergent machen muss, als ob sie vom Fernpunkte, speciell als ob sie von einem 61·3 M$^{m.}$ abstehenden Punkte herkämen.

Steht o, das Centrum des Glases, im vorderen Brennpunkte des Auges, so heisst dies soviel, dass der Abstand des Punktes o von c, d. i. die Grösse $d = \varphi_1$ ist. Für diesen Fall nun wird x, welches $\varphi_1 + f - d$ darstellt, $= -f$, weil f für Concavgläser einen negativen Werth hat und $-x = f$, daher $F_1 = \frac{-\varphi_1 f}{-f} = \varphi_1 = 15$, ferner $H_1 = \frac{-df}{f} =$ $= -d = -15$ und, da $d = \varphi_1$ und $f = l_1$, $H_2 = \frac{d\varphi_2}{f} = \frac{\varphi_1 \varphi_2}{l_1} = l_2$ $= 4{\cdot}89$ (pag. 155). Es ist demnach die erste Hauptbrennweite des Sammelsystems der 1. Hauptbrennweite des Auges gleich, und da $H_1 = -d = -\varphi_1$, so fällt der erste Hauptpunkt des Sammelsystems 15 M$^{m.}$ hinter o, mithin nach c, dem Hauptpunkte des Auges und folglich der erste Brennpunkt nach o, da $co = 15$ M$^{m.}$. $H_2 = l_2$ sagt, dass der 2. Hauptpunkt des Sammelsystems um so viel hinter dem 2. Hauptpunkt des Auges, also hinter c liegt, als die Verlängerung der Axe beträgt; und da h_1 nach c fällt, so ist $H_2 = h_1 h_2$, folglich auch $= k_1 k_2$.

Es fällt also bei dieser Combination der erste Brennpunkt, der erste Hauptpunkt, und da die Lage des 1. Knotenpunktes von jener des 1. Hauptpunktes abhängig ist, auch der 1. Knotenpunkt des Sammelsystems mit den entsprechenden Punkten des Auges zusammen, also in die Punkte o, c und k, während der 2. Hauptpunkt und demnach auch der 2. Knotenpunkt um so viel nach rückwärts verschoben ist, als die Axenverlängerung des Auges beträgt. Es ist dies Letztere unter den obwaltenden Verhältnissen selbstverständlich. Es ist ja $k_2 m_2 = F_1$, folglich in unserem Falle $= \varphi_1 = 15$, demnach $k_2 m_2 = k f_2$. Es steht also der 2. Knotenpunkt des Sammelsystems von der Netzhaut ebenso weit ab, als im emmetropischen Auge, und da der 1. Knotenpunkt k_1 mit k zusammenfällt, so liegt der 1. Knotenpunkt des Sammelsystems ebensoweit hinter der Cornea, als im emmetropischen Auge. Da demnach der 2. Knotenpunkt des Sammelsystems seine Lage zur Netzhaut und der erste seine Lage zur Hornhaut im Vergleiche mit dem emmetropischen Auge nicht geändert hat, so muss natürlich der Abstand beider Knotenpunkte, $k k_2$, uns die Grösse der Verlängerung der Augenaxe ausdrücken.

Wir fragen nun: Wie gross ist der Gesichtswinkel, wie gross ist β_1 im Vergleiche *zu* β_2 *und zu* b? *Da* der erste Knotenpunkt des

Sammelsystems mit dem Knotenpunkte des Auges zusammenfällt, so bleibt der Gesichtswinkel unverändert, und da $k_2 m_2 = k f_2 = 15$, so ist $a_2 b_2 (\beta_1) = a_1 b_1 (b)$.

Es sind dies zwei bemerkenswerthe Facta, welche Knapp zuerst veröffentlicht hat. Wenn das corrigirende Concavglas im vorderen Brennpunkte des Auges steht, so bleibt der Gesichtswinkel unverändert und die Grösse des Netzhautbildes ist dem des emmetropischen Auges gleich, falls die Myopie durch Axenverlängerung bedingt ist.

Die Verkleinerungszahl des Concavglases und die entsprechende Vergrösserungszahl erhalten wir durch die Proportion

$$\beta_1 : \beta_2 = 15 : 19{\cdot}89$$

und daraus $\beta_1 = 0{\cdot}754\,\beta_2$ und $\beta_2 = 1{\cdot}326\,\beta_1$.

Wäre $M^1/_3$ durch stärkere Brechkraft des dioptrischen Systems bedingt, und wollten wir dieses Auge unter ähnliche Verhältnisse wie das lange Auge bringen, dann müsste das entsprechende Correctionsglas 12·54 $M^{m.}$ vor c gesetzt werden, da der vordere Brennpunkt unter diesen Umständen 12·54 (siehe pag. 176) vor dem Auge liegt. Thun wir dies, dann fällt k_1 auf k, d. i. 4·18 $M^{m.}$ hinter c und $k_2 m$ ist gleich 12·54 $M^{m.}$, daher $k k_2 = 20 - (4{\cdot}18 + 12{\cdot}54) = 20 - 16{\cdot}72 = 3{\cdot}28$ $M^{m.}$

Es ist dann $\beta_1 : \beta_2 = 12{\cdot}54 : 15{\cdot}82$

mithin $\beta_1 = 0{\cdot}793\,\beta_2$ und $\beta_2 = 1{\cdot}262\,\beta_1$

weiterhin $\beta_1 : b = 12{\cdot}54 : 15$

und $\beta_1 = 0.836\ b$

Die Werthe von β_1 und β_2 stimmen diesmal nicht so wie in den beiden früheren Beispielen mit jenen, welche für das lange Auge gewonnen wurden, weil ja der Abstand des Glases vom Auge thatsächlich ein anderer, ein solcher von 12·54 $M^{m.}$, gegen jenen von 15 $M^{m.}$ ist.

Eilfte Vorlesung.

Die Gesetze für Concav- und Convexgläser. Die Sehschärfe des corrigirten hypermetropischen Auges.

Meine Herren! Nach den in der letzten Vorlesung gegebenen Beispielen sind wir endlich in der Lage, die folgenden Gesetze für die Wirkung der Concavgläser aufzustellen.

1. Durch die Vorsetzung eines Concavglases vor das Auge zur Correction der Myopie rückt der zweite Knotenpunkt unter allen Umständen nach rückwärts gegen die Netz-

haut und zwar **um so mehr, je weiter** das corrigirende Glas vor dem Auge steht, je stärker es also in Folge dessen ist.

Für $M^1/_3$, bedingt durch Verlängerung der Augenaxe, beträgt diese Zurücklagerung des zweiten Knotenpunktes, je nachdem das Correctionsglas $^1/_2$, $^3/_4$ oder Einen ganzen Zoll vor k steht, 3·31, 4·89 und 6·63 M^m.

2. Da mit der Annäherung des zweiten Knotenpunktes an die Netzhaut das Retinalbild kleiner wird, so folgt daraus, dass Concavgläser unter allen Umständen das letztere verkleinern und zwar für das nämliche Auge umsomehr, je weiter das corrigirende Concavglas vor demselben steht. Bezeichnet g_1 den Abstand des zweiten Knotenpunktes von der Netzhaut im corrigirten und g_2 den entsprechenden Abstand im nicht corrigirten Auge, dann ist der Bruch $\frac{g_1}{g_2}$ die Verkleinerungszahl für das Netzhautbild, und $\frac{g_2}{g_1}$ die Vergrösserungszahl, mit welcher die sich factisch ergebende Sehschärfe des corrigirten myopischen Auges multiplicirt werden muss, um den wirklichen Werth derselben zu erhalten.

Für das lange Auge mit $M^1/_3$ beträgt die Vergrösserungszahl, je nachdem das Glas $^1/_2$, $^3/_4$ oder 1″ vor k steht, in runder Ziffer: $\frac{5}{4}$, $\frac{4}{3}$, $\frac{3}{2}$; die entsprechende Verkleinerungszahl des Bildes ist natürlich $^4/_5$, $^3/_4$, $^2/_3$.

Die Verkleinerungs-, resp. Vergrösserungszahl ist caeteris paribus bei einer Myopie bestimmten Grades **für praktische Zwecke** als **dieselbe** anzusehen, sowohl für den Fall, dass die Myopie **durch Verlängerung der Axe**, als auch für den Fall, dass sie **durch stärkere Brechkraft des dioptrischen Systems** (resp. durch Accommodation) erzeugt wird.

Dieses interessante Factum ergibt die Rechnung, die eben nur unbedeutende Differenzen in dieser Hinsicht aufdeckt.

3. Vergleicht man nicht die Grösse des Bildes des corrigirten Auges mit jener, welche es hätte, falls ohne Corectionsglas deutliche Bilder ferner Objecte entworfen werden könnten, (wie wir dies soeben gethan), sondern mit der Grösse des Bildes, welches ein emmetropisches Auge von dem gleichen Ob*jecte entwirft*, dann ergibt sich, dass

im corrigirten **verlängerten** Auge das **verkleinerte** Bild doch noch insolange **grösser** ist wie im emmetropischen, als das Correctionsglas **zwischen** vorderem Brennpunkt und Auge steht; dass es demselben **gleich** wird, falls das Centrum des Glases **in** den vorderen Focus des Auges fällt; und dass erst, wenn das Glas **um mehr** als die vordere Augenbrennweite absteht, eine **Verkleinerung** des Bildes im Vergleiche mit dem des emmetropischen Auges eintritt.

Für das Auge, dessen Myopie durch stärkere Brechkraft oder durch Accommodation erzeugt ist, wird das Bild durch Anwendung eines Concavglases unter allen Umständen, selbst wenn *ok* nur $^1/_2$″ beträgt, kleiner, als das des emmetropischen (nicht accommodirenden), und ist daher auch immer kleiner, als das entsprechende Bild des **langen** Auges.

Für das lange Auge mit $M\,^1/_3$ ist die Grösse des Bildes des corrigirten Auges, wenn $ok = {}^1/_2$″, noch 1·105 *b*, dagegen, falls $ok = 1$″, nur 0·884 *b*. — Für das stark brechende Auge sind die entsprechenden Werthe 0·877 *b* und 0·7 *b*, wobei *b* die Grösse des Bildes im emmetropischen Auge bedeutet.

4. und endlich interessirt uns noch das Verhalten des **ersten** Knotenpunktes. In Betreff dieses letzteren gilt das Gesetz, dass derselbe, solange das corrigirende Concavglas **zwischen** dem Auge und dessen vorderem Brennpunkte steht, **hinter** dem ersten Knotenpunkte des unbewaffneten Auges gelegen ist, dass er, sowie das Correctionsglas **in** den vorderen Brennpunkt des Auges tritt, die **gleiche Lage**, wie im nicht corrigirten Auge hat und endlich **vor** seinen ursprünglichen Ort zu liegen kommt, sowie das Correctionsglas **weiter** vom Auge absteht, als des letzteren vorderer Brennpunkt.

Da von der Lage des ersten Knotenpunktes die Grösse des Gesichtswinkels abhängig ist, so ergibt sich die interessante Thatsache, **dass Concavgläser den Gesichtswinkel nur verkleinern, so lange ihre verkleinernde Wirkung die geringste ist, so lange das Netzhautbild des verlängerten Auges noch grösser ist, als das des emmetropischen;** dass der Gesichtswinkel **mit dem Vorrücken** und **Stärkerwerden des Glases** und dem gleichzeitig einhergehenden **Kleinerwerden** des Netzhautbildes **zunimmt** und **die gleiche Grösse** wie im unbewaffneten verlängerten Auge hat, wenn

gleichzeitig auch das Netzhautbild des letzteren **die gleiche Grösse** wie im emmetropischen Auge aufweist; dass endlich, **wenn ein noch weiteres Vorrücken des Glases und ein Sinken der Grösse des Bildes unter das des emmetropischen Auges eintritt, der Gesichtswinkel grösser als der normale wird, und zwar um so grösser, je weiter das Glas vor dem Auge steht, je stärker es in Folge dessen ist und je mehr es verkleinert.**

Es ist daher vollkommen unrichtig, den verkleinernden Einfluss eines Concavglases durch die Verkleinerung des Gesichtswinkels erklären und auf diese Weise sogar berechnen zu wollen, **da die stärkste Verkleinerung des Netzhautbildes mit der relativ grössten und gleichseitig mit einer absoluten** Vergrösserung des Gesichtswinkels einhergeht.

Die Tabelle III, in welcher auf die im Brillenkasten sich factisch vorfindenden Gläser Rücksicht genommen ist, gibt uns die Daten, welche wir bei der Correction eines Auges durch ein Concavglas zu wissen nöthig haben. Ihre Verwendung ist leicht verständlich, und wird es noch mehr werden, bis über die Correction der Myopie durch Concavgläser ausführlicher gehandelt worden ist. Gesetzt, es würde ein Auge durch Concav 2, welches $^1/_2$ Zoll vor den Knotenpunkt, also $^1/_4$ Zoll vor die Cornea gestellt wird, corrigirt. Wir suchen in der Columne III Concav 2 und ersehen aus den in eine Linie neben einander gestellten Werthen: dass es sich hiebei um eine $M\,\frac{1}{2{\cdot}5}$ handelt; dass in einem solchen Falle, falls die Myopie durch Verlängerung des reducirten Auges erzeugt wurde, der Abstand des Knotenpunktes von der Netzhaut 21·28 $M^{m.}$ beträgt; dass nach der Correction durch Concav 2 der zweite Knotenpunkt noch 17·03 vor der Netzhaut liegt und dass in Folge dessen die Vergrösserungszahl 1·25 beträgt. Das letztere bedeutet, dass falls bei der Correction durch $-\,\frac{1}{2}$ eine bestimmte Sehschärfe, etwa $S\,\frac{12}{20}$ sich ergibt, die dem Auge de facto zukommende Sehschärfe $\frac{12 \times 1{\cdot}25}{20} = \frac{15}{20}$ beträgt. Die gleiche Vergrösserungszahl findet ihre Anwendung, falls die Myopie durch stärkere Krümmung der brechenden Flächen des Auges erzeugt wäre.

Tabelle III.

Grad der Myopie	Abstand des Knotenpunktes im langen Auge von der Netzhaut	Corrigirt durch das $\frac{1}{2}$" vor K gesetzte Concavglas	Abstand des 2. Knotenpunktes des Sammelsystems von der Netzhaut	Vergrösserungszahl	Corrigirt durch das $\frac{3}{4}$" vor K gesetzte Concavglas	Abstand des 2. Knotenpunktes des Sammelsystems	Ve grös run za
I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VI
$\frac{1}{2}$	23·77	— $1\frac{1}{2}$	17·83	1·333	— $1\frac{1}{4}$	15	1·
$\frac{1}{2\cdot5}$	21·28	— 2	17·03	1·250	— $1\frac{3}{4}$	15	1·
$\frac{1}{3}$	19·89	— $2\frac{1}{2}$	16·58	1·200	— $2\frac{1}{4}$	15	1·
$\frac{1}{3\cdot5}$	19·01	— 3	16·29	1·167	— $2\frac{3}{4}$	15	1·
$\frac{1}{4}$	18·31	— $3\frac{1}{2}$	16·10	1·137	— $3\frac{1}{4}$	15	1·
$\frac{1}{5}$	17·60	— $4\frac{1}{2}$	15·83	1·112	— $4\frac{1}{4}$	15	1·
$\frac{1}{6}$	17·10	— $5\frac{1}{2}$	15·68	1·091	— $5\frac{1}{4}$	15	1·
$\frac{1}{7}$	16·77	— $6\frac{1}{2}$	15·57	1·077	.	.	
$\frac{1}{8\cdot5}$	16·43	— 8	15·46	1·063	.	.	
$\frac{1}{10\cdot5}$	16·13	—10	15·37	1·049	.	.	
$\frac{1}{15\cdot5}$	15·75	—15	15·24	1·033	.	.	
$\frac{1}{30\cdot5}$	15·37	—30	15·12	1·017	.	.	
$\frac{1}{60\cdot5}$	15·19	—60	15·06	1·009	.	.	

Ein anderes Beispiel. Es werde die Correction durch Concav $\frac{1}{2}$" vor der Cornea, also $\frac{3}{4}$" vor dem Knotenpunkt stehend, he geführt. Wir suchen nun in Columne VI — $2\frac{3}{4}$; wir ersehen, [illegible] wobei eine $M\ \frac{1}{3\frac{1}{2}}$ neutralisirt wird und die Vergrösserung

1·267 beträgt, also eine sich etwa ergebende Sehschärfe $\frac{20}{30}$ die Bedeutung von $\frac{20 \times 1{\cdot}267}{30}$, also von $\frac{25{\cdot}34}{30}$ hat.

Bei den schwächeren Gläsern, deren verkleinernde Wirkung ohnehin eine fast zu vernachlässigende ist, ist nur Ein Abstand vom Auge, jener, welcher bei den Sehprüfungen in Wirklichkeit in der Regel eingehalten wird, (der von $^1/_2$" vor k nämlich) in Betracht gezogen. Wird etwa eine bestimmte Myopie durch Concav 8 corrigirt, dann besteht $M \frac{1}{8^1/_2}$, eine Sehschärfe $\frac{20}{20}$ hat den Werth von $\frac{20 \times 1{\cdot}063}{20}$, d. i. von $\frac{21{\cdot}26}{20}$. Oder: Concav 60 corrigirt $M \frac{1}{60{\cdot}5}$, ändert den Werth von S aber so unbedeutend, $\left(\frac{20}{20} \text{ ist } \frac{20{\cdot}18}{20}\right)$ dass die Glaswirkung vollständig vernachlässigt werden kann, wie denn überhaupt jedes Glas, das, schwächer als $-\frac{1}{10}$, $^1/_4$ Zoll vor das Auge gesetzt wird, so wenig verkleinernd wirkt, dass eine mit Hilfe des Glases als $\frac{20}{20}$ befundene Sehschärfe in Wirklichkeit einer Sehschärfe, die kleiner als $\frac{21}{20}$ ist, gleichkommt.

Wenden wir uns nunmehr zur Wirkungsweise der Convexgläser.

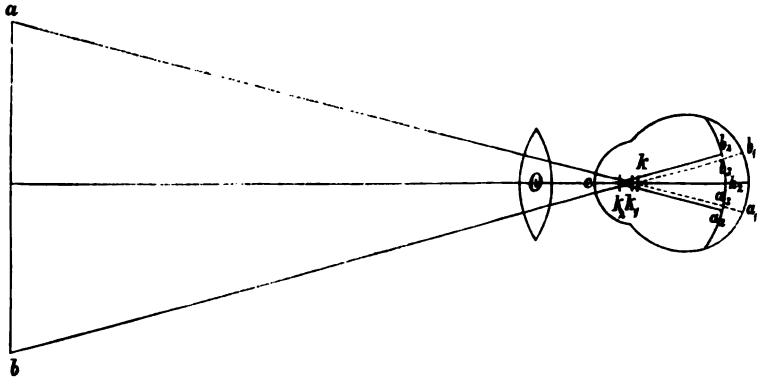
1. Corrigirt man in Fig. 48 $H^1/_3$ (erzeugt durch Verkürzung des reducirten Auges um 2·96 M^m·) dadurch, dass man ein Convexglas $^1/_2$" vor k stellt, so ist hierzu — wovon später (pag. 205) — ein Glas von $3^1/_2$" = 94·8 M^m· Brennweite erforderlich. Im combinirten System liegt dann, wie die Rechnung ergibt, der 2. Knotenpunkt 3 Millimeter, der erste 4·14 M^m· hinter dem Scheitelpunkt des Auges. Beide Knotenpunkte sind demnach vorgerückt, der zweite jedoch stärker als der erste (der zweite um 2, der erste um 0·86 M^m·) so zwar, dass der 2. Knotenpunkt vor dem ersten sich findet. Der Gesichtswinkel ist grösser geworden und ebenso das Netzhautbild.

Die Specialwerthe sind folgende: Die Grösse des Bildes des corrigirten Auges, $a_2 b_2 = \beta_1$, verhält sich zu jener, die das Bild des nicht corrigirten, $a_3 b_3 = \beta_2$, hätte, wie $k_2 h_2 = 14{\cdot}04$ zu $k h_2 = 12{\cdot}04$ also $\beta_1 : \beta_2 = 14{\cdot}04 : 12{\cdot}04 = 1{\cdot}166 : 1 = 1 : 0{\cdot}858$

und $\beta_1 = 1{\cdot}166\, \beta_2$, $\beta_2 = 0{\cdot}858\, \beta_1$.

Da, wie aus diesen Zahlen ersichtlich, die Convexgläser d Netzhautbild vergrössern, so muss die Sehschärfe, welche ein mit ein Convexglase bewaffnetes Auge darbietet, dadurch auf das richt

Fig. 48.



Maass reducirt werden, dass man dieselbe mit einer bestimmt Grösse, der Verkleinerungszahl, multiplicirt. Diese Zahl ist unserem Falle 0·858. Ein kurzes Auge mit $H^1/_3$ hat, falls seine Se schärfe, mit $+ \frac{1}{3^1/_2}$, $\frac{20}{20}$ beträgt, eigentlich eine Sehschärfe v $\frac{20}{20} \times 0{\cdot}858 = \frac{17{\cdot}16}{20}$.

Wir fragen weiter: Wie verhält sich die Grösse des Netzha bildes β_1 des durch ein Glas neutralisirten kurzen Auges mit $H^1/_3$ jener, β_3, die es hätte, falls es seine H durch Accommodation dec würde. Im letzteren Falle beträgt der Abstand des Knotenpunk von der Netzhaut 12·78 M^m· (s. pag. 159) daher

$$\beta_1 : \beta_3 = 14{\cdot}04 : 12{\cdot}78 = 1{\cdot}099 : 1$$

mithin $\beta_1 = 1{\cdot}099\ \beta_3$.

Das Bild des durch ein Glas corrigirten Auges ist also 1·1 n so gross, als das des accommodirenden.

Ferner: Wie verhält sich β_1 zu $a_1\ b_1 = b$, dem Bilde, welc das emmetropische Auge vom Objecte ab entwirft? Es ist

$$\beta_1 : b = 14{\cdot}04 : 15 = 0{\cdot}936 : 1$$

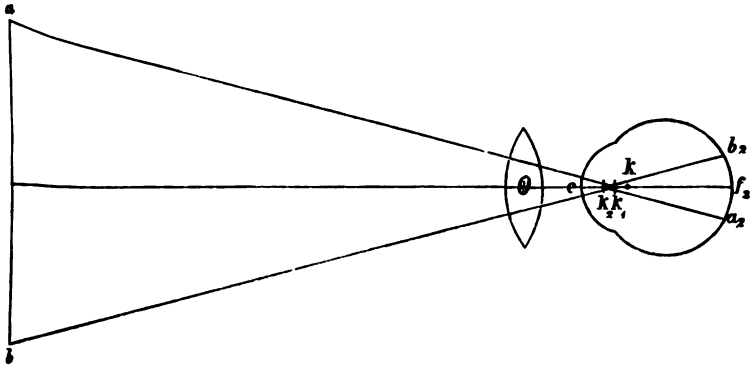
$$\text{und } \beta_1 = 0{\cdot}936\ b.$$

Wiewohl demnach das Bild durch das Convexglas vergröss wird, erreicht es doch in diesem Falle noch nicht den Durchmes *s Bildes des emmetropischen Auges.* Resumé: Wird ein durch Ax

verkürzung hypermetropisches Auge durch ein Convexglas, welches ½" vor dem Knotenpunkte oder, allgemein gesprochen, welches zwischen dem Auge und dessen vorderem Brennpunkte steht, corrigirt, dann wird abgesehen von der Vergrösserung des Netzhautbildes, (welches immer grösser ist, als jenes, welches das seine *H* durch Accommodation deckende Auge entwirft) der Gesichtswinkel vergrössert, während das vergrösserte Bild den Durchmesser des Bildes des emmetropischen Auges noch nicht ereicht.

Ist die Hypermetropie durch schwächere Brechkraft des reducirten Auges erzeugt, dann beträgt der Radius der brechenden Fläche 6·05 M^m·, (daher $ck = 6{\cdot}05$), da wegen des negativen Werthes von a (s. pag. 157) $\varrho = \frac{5\,a}{a-15} = \frac{5 \times 86{\cdot}3}{71{\cdot}3} = 6{\cdot}05$. In diesem Auge ist $\varphi_1 = 18{\cdot}15$ und $\varphi_2 = 24{\cdot}2$ M^m· Corrigirt durch Convex 3½, (Fig. 49)

Fig. 49.



hat das Auge seinen 2. Knotenpunkt 3·65, seinen ersten 4·61 M^m· hinter c; $k_1\,k_2 = 0{\cdot}96$, $k\,k_1 = 1{\cdot}44$, $k\,k_2 = 2{\cdot}4$ M^m· Es ist der Gesichtswinkel vergrössert, ferner

$$\beta_1 : \beta_2 = k_2 f_2 : k f_2 = 16{\cdot}35 : 13{\cdot}95 = 1{\cdot}172 : 1 = 1 : 0{\cdot}853$$

daher $\beta_1 = 1{\cdot}172\ \beta_2$ und $\beta_2 = 0{\cdot}853\ \beta_1$.

Die Verkleinerungszahl: 0·853 ist, wie wir sehen, mit der für das kurze Auge gewonnenen nahezu übereinstimmend. Eine $S\,\frac{20}{20}$ (mit Hilfe des corrigirenden Glases sich ergebend), ist zu reduciren auf $0{\cdot}853 \times \frac{20}{20} = \frac{17{\cdot}06}{20}$.

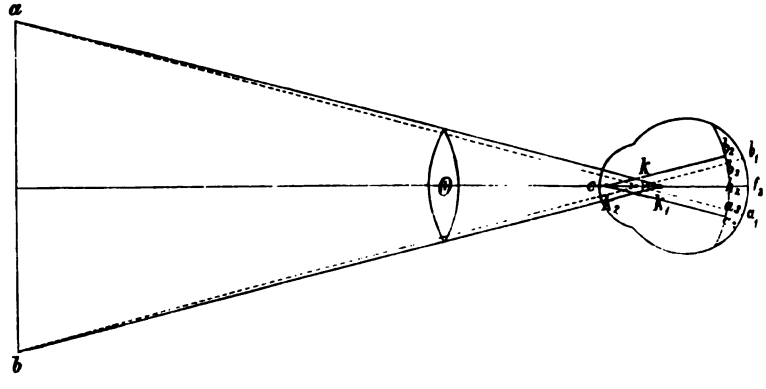
Dagegen ist das Bild grösser als das des emmetropischen Auges b.

Denn $\beta_1 : b = 16{\cdot}35 : 15$ und $\beta_1 = 1{\cdot}09\ b$.

Der Ausdruck $\beta_1 = 1{\cdot}09\ b$ zeigt uns zugleich an, um wiel des Bild des durch das Glas emmetropisch gemachten Auges grösser ist, als das Bild des durch Accommodation sich neutralisirenden.

2. Corrigirt man (Fig. 50) das kurze Auge mit $H^1/_3$ durch ein Glas, welches einen ganzen Zoll vor dem Knotenpunkte steht, dann muss hiezu

Fig. 50.



Convex 4 verwendet werden. Die Rechnung ergibt, dass in dem Sammelsysteme der zweite Knotenpunkt um 4·01 M^m· (also um das Doppelt im Vergleiche mit der früheren Correction) vor-, der erste Knotenpunkt hingegen um 1·9 M^m· zurückgerückt ist. Der Gesichtswinkel ist kleiner geworden, als der des emmetropischen Auges, während die durch die Convexlinse gesetzte Vergrösserung einen hohen Grad erreicht hat. Es ist

$$\text{I. } a_2 b_2 : a_3 b_3 = \beta_1 : \beta_2 = 16{\cdot}05 : 12{\cdot}04 = 1{\cdot}341 : 1 = 1 : 0{\cdot}750$$

$$\beta_1 = 1{\cdot}341\ \beta_2 \text{ und } \beta_2 = 0{\cdot}75\ \beta_1$$

$$\text{II. } a_2 b_2 : a_1 b_1 = \beta_1 : b = 16{\cdot}05 : 15 = 1{\cdot}07 : 1$$

$$\beta_1 = 1{\cdot}07\ b$$

$$\text{III. } \beta_1 : \beta_3 = 16{\cdot}05 : 12{\cdot}78 = 1{\cdot}256. : 1$$

$$\beta_1 = 1{\cdot}256\ \beta_3$$

Die drei Gleichungen sagen:

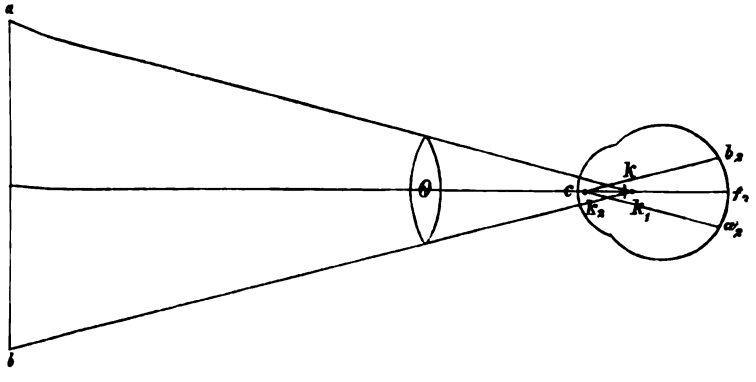
I. Die Vergrösserung des Bildes beträgt unter solchen Verhältnissen $^4/_5$, die Verkleinerungszahl ist $^3/_4$, $S\frac{20}{20}$ mit Glas ist de facto gleich $S\frac{1}{2}$

II. Das Bild des neutralisirten Auges ist grösser, als das des *emmetropischen*, 1·07 desselben.

III. Das Bild des neutralisirten Auges ist $^5/_4$ mal so gross, als das des accommodirten.

Auch im schwach brechenden Auge mit $H^1/_3$ (Fig. 51) rückt, wenn wir dasselbe durch Convex 4, 1″ vor k, corrigiren, der erste Knoten-

Fig. 51.



punkt zurück (und zwar um 0·66 M^m·), während der zweite Knotenpunkt um 4·74 M^m· avancirt.

Es ist $\beta_1 : \beta_2 = 18{\cdot}69 : 13{\cdot}95 = 1{\cdot}340 : 1 = 1 : 0{\cdot}746$

$\beta_1 = 1{\cdot}34\,\beta_2$ und $\beta_2 = 0{\cdot}746\,\beta_1$

ferner $\beta_1 : b = 18{\cdot}69 : 15 = 1{\cdot}246 : 1$

$\beta_1 = 1{\cdot}246\,b$.

Wir sehen, es stimmt die Verkleinerungszahl ($^3/_4$) mit jener des früheren Falles. Das Bild des corrigirten Auges ist $^5/_4$ von jenem des emmetropischen oder des durch Accommodation die Hypermetropie deckenden.

3. Corrigiren wir das kurze Auge mit $H\,^1/_3$ durch ein Glas, welches $^3/_4$″ vor k steht, so ist hiezu Convex $3^3/_4$ nöthig. Indem wir dies thun, haben wir ein Glas angewendet, welches als in dem vordern Brennpunkte des Auges stehend angesehen werden kann (s. pag. 180). Ganz ähnliche Betrachtungen, wie sie für Concavgläser angestellt wurden, führen zu dem Resultate, dass in diesem Falle der erste Brenn-, Haupt- und Knotenpunkt des Sammelsystems an derselben Stelle, wie im Auge liegen, und dass der zweite Haupt- und Knotenpunkt des Sammelsystems ebensoweit vor der Netzhaut des verkürzten Auges, als wie im emmetropischen Auge steht, der zweite Knotenpunkt also um dieselbe Grösse vorrückt, um welche das Auge verkürzt wurde, in specie also um 2·96 M^m·

In diesem Falle hat der Gesichtswinkel durch das Vorsetzen des Glases keine Aenderung *erfahren, das Bild* ist, weil $k f_2 = k_2 h_2 = 15$,

dem des emmetropischen Auges gleich, und weil

$$\beta_1 : \beta_2 = 15 : 12{\cdot}04 = 1{\cdot}246 : 1,$$

$^5/_4$mal so gross als das des nicht corrigirten Auges wäre, die Verkleinerungszahl ist $^4/_5$ (0·803). Das Bild ist ferner 1·174mal so gross, als das des genau accommodirenden.

Sollen für das schwach brechende Auge die entsprechenden Verhältnisse gesetzt werden, so muss das corrigirende Glas 18·15 M$^{m.}$ vor der brechenden Fläche stehen, seine Brennweite also um 3·15 M$^{m.}$ grösser sein. Es fällt dann k_1 auf k, also 6·05 M$^{m.}$ hinter c und k_2 f_2 beträgt 18·15 M$^{m.}$; $k_1 k_2$ ist demnach $= (6{\cdot}05 + 18{\cdot}15) - 20 = 24{\cdot}2 - 20 = 4{\cdot}2$ M$^{m.}$

Während der erste Knotenpunkt seinen Ort beibehielt, ist der zweite um 4·2 M$^{m.}$ vorgerückt. Es verhält sich

$$\beta_1 : \beta_2 = 18{\cdot}15 : 13{\cdot}95 = 1{\cdot}301 : 1 = 1 : 0{\cdot}769$$

$$\beta_1 = 1{\cdot}301\ \beta_2 \text{ und } \beta_2 = 0{\cdot}769\ \beta_1.$$

Die Zahlen differiren etwas mehr von den für das kurze Auge gewonnenen — aus demselben Grunde, der schon bei der entsprechenden Gelegenheit früher (pag. 182) erörtert wurde.

Nunmehr ist es uns möglich, auch die für Convexgläser geltenden Gesetze darzulegen. Sie lauten:

1. Wird zur Correction der Hypermetropie ein Convexglas vor das Auge gesetzt, so rückt der **zweite** Knotenpunkt **unter allen Umständen** nach vorne gegen die Cornea und zwar **um so mehr, je weiter** das corrigirende Glas vor dem Auge steht, je schwächer es demnach ist.

Für $H^1/_3$, bedingt durch Verkürzung der Augenaxe, beträgt diese Vorrückung des zweiten Knotenpunktes, je nachdem das Correctionsglas $^1/_2$, $^3/_4$ oder Einen ganzen Zoll vor k steht, 2, 2·96, 4·01M$^{m.}$

2. Da mit der Entfernung des zweiten Knotenpunktes von der Netzhaut das Retinalbild grösser wird, so folgt daraus, dass Convexgläser unter allen Umständen dasselbe vergrössern und zwar für das nämliche Auge umsomehr, je weiter das corrigirende Convexglas vor demselben steht.

Bezeichnet g_1 den Abstand des 2. Knotenpunktes von der Netzhaut im corrigirten, und g_2 den entsprechenden Abstand im nicht corrigirten Auge, dann ist der Bruch $\frac{g_1}{g_2}$ die Vergrösserungszahl für das Netzhautbild, und $\frac{g_2}{g_1}$ die Ver-*kleinerungszahl*, mit welcher die sich factisch ergebende

Sehschärfe des corrigirten hypermetropischen Auges multiplicirt werden muss, um den wirklichen Werth derselben zu erhalten.

Für das kurze Auge mit $H^1/_3$ beträgt die Verkleinerungszahl, je nachdem das Glas $^1/_2$, $^3/_4$ oder 1″ vor K steht, in runder Ziffer: $^6/_7$, $^4/_5$, $^3/_4$; die entsprechende Vergrösserungszahl des Bildes ist natürlich $^7/_6$, $^5/_4$, $^4/_3$.

Die Vergrösserungs-, resp. Verkleinerungszahl ist caeteris paribus bei einer Hypermetropie bestimmten Grades für practische Zwecke als dieselbe anzusehen sowohl für den Fall, dass die Hypermetropie durch Verkürzung der Axe, als auch für den, dass sie durch schwächere Brechkraft des dioptrischen Systems erzeugt wird.

3. Vergleicht man die Grösse des Bildes des corrigirten Auges mit jener, welche es hätte, falls dasselbe seine Hypermetropie durch Accommodation decken würde, so ist das Bild in ersterem Falle immer grösser als in letzterem. Für das kurze Auge mit $H^1/_3$ drücken die Zahlen 1·099, 1·174, 1·256 das Grössenverhältniss des ersteren Bildes zu letzterem (1) aus, je nachdem durch Convex $3^1/_2$, $3^3/_4$ oder 4 corrigirt wird.

Vergleicht man die Grösse des Bildes des corrigirten Auges mit jener des Bildes, welches ein emmetropisches Auge von dem gleichen Objecte entwirft, so ergibt sich, dass im corrigirten **verkürzten** Auge **das vergrösserte Bild** doch noch **in solange kleiner** ist wie im emmetropischen Auge, **als das Correctionsglas zwischen vorderem Brennpunkt und Auge steht**; dass es demselben **gleich** wird, falls das Centrum des Glases **in** den vorderen Focus des Auges fällt; und dass, sowie das Glas **um mehr** als die vordere Augenbrennweite absteht, **eine Vergrösserung** des Bildes im Vergleiche mit dem des emmetropischen Auges eintritt.

Für das Auge, dessen Hypermetropie von schwächerer Brechkraft des dioptrischen Apparates herrührt, wird das Bild durch das Vorsetzen eines Convexglases unter allen Umständen, selbst wenn ok nur $^1/_2$″ beträgt, grösser als das des emmetropischen und ist daher auch immer grösser, als das entsprechende Bild des kurzen Auges.

Für das kurze Auge mit $H^1/_3$ ist die Grösse des Bildes des corrigirten Auges, wenn $ok = ^1/_2$″, nur 0.936 b, dagegen falls $ok = 1$″, 1·07 b. Für das schwach brechende Auge sind die entsprechenden Werthe 1·09 b und 1·246 b, wobei b die Grösse des Bildes des emmetropischen Auges bedeutet.

4. In Betreff der Lageänderungen des **ersten** Knotenpunktes gilt das Gesetz, dass derselbe, so lange das corrigirende Convexglas **zwischen** dem Auge und dessen vorderem Brennpunkte steht, **vor** dem ersten Knotenpunkte des unbewaffneten Auges gelegen ist, dass er sowie das Correctionsglas **in** den vorderen Brennpunkt tritt, die **gleiche** Lage, wie im nicht corrigirten Auge hat und endlich **hinter** seinen ursprünglichen Ort zu liegen kommt, sowie das Correctionsglas **weiter** vom Auge absteht, als des letzteren vorderer Brennpunkt.

Da von der Lage des ersten Knotenpunktes die Grösse des Gesichtswinkels abhängig ist, so ergibt sich, **dass Convexgläser den Gesichtswinkel nur vergrössern, so lange das Netzhautbild des verkürzten Auges noch kleiner ist als das des emmetropischen**; dass der Gesichtswinkel **mit dem Vorrücken** und **Schwächerwerden des Glases** und dem gleichzeitig einhergehenden **Grösserwerden** des Netzhautbildes **abnimmt** und **die gleiche Grösse** wie im unbewaffneten verkürzten Auge hat, wenn gleichzeitig auch das Netzhautbild des letzteren **die gleiche Grösse**, wie im emmetropischen Auge aufweist; dass endlich, **wenn ein noch weiteres Vorrücken des Glases und ein Steigen der Grösse des Bildes über das des emmetropischen Auges eintritt, der Gesichtswinkel kleiner als der normale wird, und zwar um so kleiner, je weiter das Glas vor dem Auge steht, je schwächer es in Folge dessen ist und je mehr es vergrössert.**

Es ist daher vollkommen unrichtig, den vergrössernden Einfluss eines Convexglases durch die Vergrösserung des Gesichtswinkels erklären und auf diese Weise sogar berechnen zu wollen, da die stärksten Vergrösserungen des Netzhautbildes mit der relativ grössten und gleichzeitig mit einer absoluten Verkleinerung des Gesichtswinkels einhergehen.

Tabelle IV zeigt dieselbe Einrichtung für Convexglässer, wie sie Tabelle III für Concavgläser darbietet. Sie lehrt uns z. B., dass wenn ein durch Convex $4^3/_4$ corrigirtes Auge mit Convex 4 $S\ \frac{20}{20}$ darbietet, die diesem Auge eigentlich zukommende Sehschärfe nur $\frac{20 \times 0{\cdot}844}{20}$ d. i. $\frac{16{\cdot}88}{20}$ beträgt. Sie lehrt uns, dass alle Gläser, die, schwächer als

Convex 10, $^1/_2$" vor den Knotenpunkt des Auges gesetzt werden, eine so wenig vergrössernde Wirkung ausüben, das $S\frac{20}{20}$ einer Sehschärfe, die grösser als $\frac{19}{20}$ ist, entspricht.

Tabelle IV.

Grad der Hypermetropie	Abstand des Knotenpunktes von der Netzhaut	Corrigirt durch das 1" vor K gesetzte Glas	Abstand des 2. Knotenpunktes des Sammelsystems von der Netzhaut	Verkleinerungszahl	Corrigirt durch das $^3/_4$" vor K gesetzte Glas	Abstand des 2. Knotenpunktes des Sammelsystems von der Netzhaut	Verkleinerungszahl
I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
$\frac{1}{2}$	10·96	+ $2^1/_2$	13·69	0·801	+ $2^3/_4$	15	0·731
$\frac{1}{2·5}$	11·58	+ 3	13·90	0·833	+ $3^1/_4$	15	0·772
$\frac{1}{3}$	12·04	+ $3^1/_2$	14·04	0·858	+ $3^3/_4$	15	0·803
$\frac{1}{3·5}$	12·39	+ 4	14·16	0·875	+ $4^1/_4$	15	0·826
$\frac{1}{4}$	12·66	+ $4^1/_2$	14·25	0·888	+ $4^3/_4$	15	0·844
$\frac{1}{5}$	13·07	+ $5^1/_2$	14·38	0·909	+ $5^3/_4$	15	0·871
$\frac{1}{6}$	13·36	+ $6^1/_2$	14·47	0·923	+ $6^3/_4$	15	0·891
$\frac{1}{7}$	13·57	+ $7^1/_2$	14·54	0·933	.	.	.
$\frac{1}{7·5}$	13·66	+ 8	14·57	0·938	.	.	.
$\frac{1}{9·5}$	13·92	+ 10	14·65	0·950	.	.	.
$\frac{1}{14·5}$	14·27	+ 15	14·77	0·966	.	.	.
$\frac{1}{29·5}$	14·63	+ 30	14·88	0·983	.	.	.
$\frac{1}{59·5}$	14·82	+ 60	14·94	0·992	.	.	.

Um über die hiermit zum ersten Male aufgestellten Linsengesetze noch durch Anschauung einen Ueberblick zu geben, mögen zwei Tafeln (Tafel I und II) dienen, welche kaum einer Erklärung bedürfen. $a_1\ b_1$ ist die Grösse des Bildes des emmetropischen Auges. Die Lage des ersten und zweiten Knotenpunktes, sowie die Grösse des Netzhautbildes $a_2\ b_2$, welche der Correction der Ametropie durch ein bestimmtes Glas entspricht, ist durch die Verschiedenheit der Farben gekennzeichnet. Tafel I zeigt die Verhältnisse des durch Axenverlängerung mit $M^1/_3$ behafteten, Tafel II jene durch Axenverkürzung $H^1/_3$ darbietenden Auges, in dreimaliger Vergrösserung. Zu Grunde liegt das reducirte Auge.

Zwölfte Vorlesung.

Bestimmung des Fern- und Nahepunktes.

Ausgerüstet mit den bisher erworbenen Kenntnissen wollen wir nun, meine Herren! zu der Darstellung jener Methoden schreiten, durch deren Vermittlung die Bestimmung der Refraction und der Accommodationsbreite des Auges ermöglicht oder wenigstens angestrebt wird. Wenden wir uns zunächst der Bestimmung des Fernpunktes zu.

Die Methoden hiefür sind theils subjective, theils objective. Bei der Anwendung der ersteren sind wir von den Angaben des zu Prüfenden wenigstens theilweise abhängig und es darf uns daher nicht Wunder nehmen, dass wir dabei mitunter den gröbsten Irrthümern verfallen, selbst wenn der zu Untersuchende uns nicht absichtlich irreführt.

Die Methoden besitzen trotzdem eine allgemeine Verbreitung, weil die objective Untersuchung des Refractionszustandes nicht Jedermanns Sache ist. Ich für meine Person jedoch erkläre offen, dass ich in dem Momente mich als incompetent in der Bestimmung der Refraction erklären würde, sowie mir die objective Methode, d. i. die der Bestimmung mit Hilfe des Augenspiegels genommen wäre.

Von den erstgenannten Methoden zur Bestimmung des Fernpunktes steht die folgende obenan. Man stellt den zu Prüfenden in eine Entfernung von 20′ von den Snellen'schen oder anderen adaequaten Schriftproben, und lässt ihn die Buchstaben oder Zeichen, von den grösseren zu den kleineren absteigend, nennen. Ein Emmetrope, welcher seine

Accommodation ruhen lässt und normale Sehschärfe besitzt, wird hiebei Nr. XX Snellen ohne Beihilfe eines Glases lesen können, weil, wenn auch die hintere Brennebene des Auges genau mit der percipirenden Netzhautschichte zusammenfiele, also theoretisch genommen, nur von unendlicher Entfernung kommende Strahlen auf jener Schichte gesammelt würden, der Zerstreuungskreis, welchen das Bild eines 20′ abstehenden Punktes auf der Netzhaut entwirft, einen so geringen Durchmesser hat, dass das Auge, welches ja durchgehends an verhältnissmässig groben optischen Fehlern, den der chromatischen und monochromatischen Aberration, leidet, dadurch im Sehen von Buchstaben nicht weiter merklich beirrt wird. Die Rechnung ergibt nämlich, dass unter solchen Umständen der Durchmesser des Punkt-Zerstreuungskreises auf der empfindenden Schichte nur 0·095 $M^{m.}$ beträgt, falls wir den Durchmesser der Pupille zu 4 Millimetern annehmen. Das Bild des Leuchtpunktes liegt dabei 0·046 $M^{m.}$ hinter der Netzhaut.

Andererseits ist es klar, dass falls das untersuchte Auge nicht Emmetropie, sondern $M \frac{1}{240}$ (20′ = 240″) darbietet, (eine Myopie, welcher, wenn wir das reducirte Auge von 20 $M^{m.}$ Länge zu Grunde legen, ein Auge mit einer Axenlänge von 20·046 $M^{m.}$ entspricht) — ich sage: es ist klar, dass ein solches Auge von dem 20′ abstehenden Objecte vollkommen genaue Bilder entwirft und bei normaler Sehschärfe die Aufgabe, Snellen XX ohne Hilfsglas auf 20′ zu lesen, ebenso gut, theoretisch sogar besser lösen wird, als das emmetropische Auge.

Angenommen also, es besitze das Auge keine Accommodation, so wird der Umstand, dass Snellen XX auf 20′ gelesen wird, zunächst unentschieden lassen, ob es sich um Emmetropie oder $M \frac{1}{240}$ handelt. Allein kann die Myopie nicht noch höheren Grades sein? Wenn wir behaupten, dass falls Strahlen unter den gegebenen Verhältnissen im emmetropischen Auge 0·046 $M^{m.}$ hinter der Netzhaut zur Vereinigung kommen, die Sehschärfe nicht beeinträchtigt wird, dann dürfte wegen der gleichen Grösse der Zerstreuungskreise ebenso wenig von einer Einflussnahme auf die Sehschärfe die Rede sein, falls der Vereinigungspunkt der Strahlen 0·046 $M^{m.}$ vor die Retina zu liegen kommt. Dies ist aber bei einem Abstand des Objectes von 20′ dann der Fall, wenn $M \frac{1}{120}$ *besteht.*

Es wird also ein Auge mit $M \frac{1}{120}$ auf 20′ ebenso deutlich sehen, wie ein emmetropisches, das absolut nicht accommodirt; dagegen wird nur das Auge mit $M \frac{1}{240}$ theoretisch wirklich deutliche Bilder entwerfen.

Bietet das Auge auch noch so geringe Hypermetropie, die durch Accommodation nicht gedeckt wird, dar, so stehen die Verhältnisse bei dieser Art der Sehprüfung für dasselbe, wie leicht verständlich, ungünstiger. Denn schon bei $H \frac{1}{240}$ fällt das Bild eines 20′ abstehenden Objectes 0·092 $M^{m.}$ hinter die Netzhaut. Berücksichtigen wir jedoch die factischen Verhältnisse, so muss bedacht werden, dass begreiflicher Weise die factisch bestehende Accommodation derartige Ausfälle an Brechkraft gar nicht bemerkbar werden lässt, wie es ja auch dem emmetropischen Auge frei steht, die Bilder durch Accommodation für das 20′ entfernte Object möglichst scharf zu machen.

Wie wollen wir nun nach dem Gesagten die Emmetropie von den geringsten Graden der Ametropie unterscheiden? Man bezeichnet in der Regel das emmetropische Auge als dasjenige, welches bei der in Rede stehenden Prüfung jedes auch das schwächste Concav- und Convexglas verwirft, d. h. durch das erstere nicht besser, durch das letztere hingegen schlechter sieht und dadurch bekundet, dass es vermöge seiner Refraction eine Linse weder zu viel noch zu wenig hat, also dem Begriffe des Normalauges entspricht. Dem gegenüber muss ausgesprochen werden, dass dasjenige Auge als emmetropisch zu betrachten ist, welches durch Convex 120 keine merkliche Einbusse in seiner Sehschärfe bei der Prüfung auf 20′ erfährt, andererseits aber durch ein stärkeres Convexglas, etwa ein solches von 60″ B. W. bereits entschieden schlechter und durch kein Concavglas besser sieht. Ein emmetropisches Auge wird nämlich durch Convex 120 in ein solches mit $M \frac{1}{120}$ verwandelt und daher noch nicht in seiner Sehschärfe alterirt. Ein Auge mit $M \frac{1}{120}$ hingegen wird ohne Glas auch deutlich in die Ferne sehen, aber durch Vorsetzen von Convex 120 mit $M^{1}/_{60}$ behaftet und nunmehr tritt eine deutliche Verschlechterung des Sehvermögens ein, so zwar, dass die Buchstaben nur noch sehr unsicher erkannt werden. Besteht manifeste Hyper-

metropie bis $\frac{1}{120}$, dann wird dieselbe durch $\frac{1}{120}$ corrigirt oder es wird minimale Myopie gesetzt, aber auch noch durch Convex 60 wird deutlich gesehen, weil in diesem Falle durch das Glas beiläufig $M^1/_{120}$ erzeugt wird, die ja nicht störend wirkt, während ein vor das emmetropische Auge gesetztes Convex 60 $M^1/_{60}$ erzeugt und die Sehschärfe herabsetzt. Wir sehen nach diesen Erörterungen, dass das emmetropische Auge jenes ist, dessen Sehschärfe durch Convex $^1/_{120}$ nicht, wohl aber schon durch Convex 60 alterirt wird. Sieht ein Auge mit Convex 120 schlechter, dann kommt ihm sehr geringe Myopie, sieht ein Auge durch Convex 60 nicht schlechter (wohl aber schon durch Convex 40), dann kommt ihm minimale manifeste Hypermetropie zu.

Besteht ein erheblicheres Missverhältniss zwischen hinterer Brennweite des Auges und der Lage der percipirenden Netzhautschichte, also ein erheblicherer Grad einer sogenannten Refractionsanomalie, dann wird, wie wir dies früher sahen, auch wenn dem Auge normale Sehschärfe zukommt, bei dieser Prüfung für die Ferne eine mehr oder weniger bedeutende Herabsetzung der Sehschärfe sichtbar werden, und es wurde sogar angegeben, in welchem Grade die verschiedenen Stufen der Anomalien S beeinflussen und wie, wenn der Grund für das hierbei erscheinende geringe Sehvermögen nur in Myopie oder Hypermetropie gelegen ist, aus der Grösse der Sehschärfe ein ungefährer Schluss auf den Werth der Abweichung gezogen werden kann. Es ist ebenso klar, dass, wenn wir die Anomalie corrigiren, d. h. bei bestehender Myopie dem Auge durch Vorsetzung eines bestimmten Concavglases die Convexlinse, die es gleichsam zu viel hat, wegnehmen und bei Hypermetropie dadurch, dass wir vor das Auge eine Convexlinse stellen, die demselben gleichsam fehlende ersetzen — es ist klar, dass das Auge, dadurch dem emmetropischen gleich gemacht, nun die fernen Zeichen zu erkennen in der Lage sein, und dass mit Berücksichtigung der Vergrösserungs-, resp. Verkleinerungszahl eine normale Sehschärfe sich ergeben wird.

Ein Auge hätte $M^1/_5$ und normale Sehschärfe. Aus der Entfernung von 20′ ist es (siehe pag. 152) nicht im Stande Nr. *CC* von Snellen zu erkennen, seine S ist also kleiner, als $\frac{20}{200}$. Ich setze ein Concavglas $^1/_{60}$ dem $^1/_{30}$ vor, das Auge weiss von keiner Besserung, da auch bei Vorsetzung von $-\,^1/_{30}$ noch $M^1/_6$ besteht und bei $M^1/_6$ noch immer nicht das grosse *A* (oder *E*) *auf 20′ erkannt* wird. Bei Anwendung stärkerer

Concavgläser tauchen allmälig die Buchstaben der Snellen'schen Reihe der Grösse nach auf. Endlich sind wir bei Concav 5 angelangt. Wir haben ein Auge mit $M^1/_5$, theoretisch nahmen wir dessen Correctur als durch Concav 5 erfolgend an. Wir machen aber in unserem Falle die Beobachtung, dass die grösste Sehschärfe erst dann erreicht wird, wenn wir Concav $4^1/_2$ und dieses Glas nahe, nämlich $^1/_4$" vor das Auge setzen. Hat das Auge eine normale Sehschärfe, so wird es jetzt durch das corrigirende Glas $S\ \frac{18}{20}$ darbieten.

Die Erklärung dafür, dass, wenn der Fernpunkt eines Auges 5" vor dessen Knotenpunkte liegt, das einen halben Zoll vor den Knotenpunkt, also etwa $^1/_4$" vor die Cornea gesetzte Correctionsglas nicht Concav 5 sein kann, sondern $4^1/_2$ sein muss, ist darin zu suchen, dass wir das Correctionsglas eben nicht in den Knotenpunkt hinein postiren können, also zwischen dem ersteren und dem letzteren ein gewisser Zwischenraum bleibt. Ein Auge mit $M^1/_5$ wird parallele Strahlen, als welche wir die von dem 20' entfernten Objecte kommenden jetzt ansehen wollen, auf seiner Netzhaut dann vereinigen, wenn diesen parallelen Strahlen eine solche Richtung gegeben wird, als ob sie von einem 5" vor k gelegenen Punkte herkämen. Durch Concav $4^1/_2$ wird bewirkt, dass die Strahlen gleichsam von einem $4^1/_2$" vor dem optischen Centrum des Glases liegenden Punkte ausstrahlen und steht dieses Centrum $^1/_2$" vor k, dann liegt der virtuelle Leuchtpunkt $4^1/_2 + {}^1/_2 = 5$ Zoll vor k, also im Fernpunkt des Auges und das deutliche Sehen des entfernten Objectes ist damit ermöglicht. Bezeichnet im Allgemeinen $-\frac{1}{f}$ den optischen Werth des corrigirenden Concavglases und ist d der Abstand des optischen Centrums des letzteren vom Augenknotenpunkte, dann ist die Myopie des Auges $= \frac{1}{f+d}$. Wird ein Auge corrigirt durch $-\frac{1}{4\frac{1}{2}}$ und ist $d = {}^1/_2$", dann ist $M = \frac{1}{4\frac{1}{2} + \frac{1}{2}} = \frac{1}{5}$. Ist das Correctionsglas $-\frac{1}{2\frac{1}{4}}$ und $d = {}^3/_4$", so ist $M = \frac{1}{2\frac{1}{4} + \frac{3}{4}} = \frac{1}{3}$. Bewirkt Concav 8, 1" vor k, die Correction, dann ist $M = \frac{1}{8+1} = \frac{1}{9}$.

Die Myopie ist also immer geringer, als der Werth des corrigirenden *ases und man sollte* demnach den Werth des letzteren nicht jenem der

Myopie gleichstellen. Wenn also z. B. ein Auge durch $-\frac{1}{60}$, $^1/_2''$ vor k corrigirt wird, so besteht eigentlich $M\frac{1}{60\cdot5}$ und wir haben auch bei der Berechnung der Vergrösserungs- und Verkleinerungszahl die Genauigkeit so weit getrieben, diese Differenz selbst bei den schwachen Gläsern zu berücksichtigen. Allein ist sie bei schwachen Gläsern berücksichtigungswerth? Die optische Differenz zwischen $\frac{1}{60}$ und $\frac{1}{60\frac{1}{2}}$ ist $\frac{1}{7260}$ und aus Tabelle II und III ist auch zu ersehen, dass die Axenlänge des Auges, wenn wir sie auf 2 Decimalstellen genau berechnen, für Myopie $\frac{1}{60}$ und $\frac{1}{60\frac{1}{2}}$ die gleiche ist. Selbst bei der durch $-\frac{1}{10}$, $^1/_2''$ vor k, corrigirten Myopie $\frac{1}{10\frac{1}{2}}$ ist die Differenz zwischen $\frac{1}{f}$ und $\frac{1}{M}$ nur $\frac{1}{210}$. Wir sahen, dass eine $M\frac{1}{120}$ noch keinen bemerkbaren Unterschied gegen die Emmetropie setzt. Wir wollen also die Differenz zwischen Glaswerth und dem Werth der Myopie erst dann in Betracht ziehen, wenn diese Differenz mindestens $\frac{1}{120}$ beträgt. Das schwächste Glas nun, welches $^1/_2''$ vor k gesetzt, einen solchen Unterschied aufdeckt, ist Concav $7^1/_2$. Es wird hierbei $M^1/_8$ corrigirt und $\frac{1}{7\frac{1}{2}}-\frac{1}{8}$ ist gerade $\frac{1}{120}$. Die Regel, welcher wir bei der Bestimmung der Myopie huldigen, ist demnach die, dass wir die Probegläser stets $^1/_2''$ vor den Knotenpunkt des Auges stellen, dass wir den Werth der Myopie dem des Glases gleichsetzen, solange das corrigirende Glas schwächer als $-\frac{1}{7\frac{1}{2}}$ ist, dass wir aber die Differenz nicht vernachlässigen, sobald das Correctionsglas eine Zerstreuungsweite von $7^1/_2''$ oder eine geringere hat. Sagen wir also, es besteht $M\frac{1}{15}$, so wissen wir damit, dass die Correctur durch $-\frac{1}{15}$ vollführt wurde; erklären wir eine Myopie für $M\frac{1}{6\frac{1}{2}}$, so war $-\frac{1}{6}$ das corrigirende Glas, bei $M\frac{1}{4}:-\frac{1}{3\frac{1}{2}}$.

Ich halte diesen Vorgang, eine bestimmte und begründete Grenze zwischen Beachtung und Vernachlässigung des Werthes von *d* aufzurichten, für zweckmässig und man wird mir nicht ernstlich als Fehler entgegenhalten wollen, dass hiebei sowohl die durch Concav 8 als auch die durch Concav $7^1/_2$ corrigirte Myopie als $M^1/_8$ bezeichnet wird. Der Scrupulöse möge sich damit beruhigen, dass das Glas $\frac{1}{7\frac{1}{2}}$ sehr selten im Gebrauche ist, und soll durchaus der Unterschied kenntlich werden, so wird er ausgedrückt, indem man das eine Mal $M^1/_8$, das andere Mal $M\frac{1}{7\frac{1}{2}+\frac{1}{2}}$ schreibt. Die optische Differenz zwischen der durch Concav 8 factisch corrigirten $M\frac{1}{8\frac{1}{2}}$ und der $M\frac{1}{8}$ beträgt $\frac{1}{136}$.

Bei der Bestimmung der Myopie auf genannte Weise ist noch Folgendes zu bemerken. Gesetzt, es würde die Sehschärfe eines myopischen Auges durch $-\frac{1}{9}$ auf $\frac{20}{20}$ gebracht. Das Auge fährt aber fort durch Concav 8, 7, 6 und auch noch durch stärkere Gläser die Buchstaben XX richtig zu nennen. Es ist dies leicht begreiflich, indem das Auge das Plus der Gläserstärke durch Accommodation deckt. So ist z. B. $-\frac{1}{6} = -\left(\frac{1}{9}+\frac{1}{18}\right)$. Der erstere Theil: $-\,^1/_9$ wird benöthigt zur Neutralisirung der Myopie, der letztere: $-\,^1/_{18}$ wird dadurch unschädlich gemacht, dass das Auge sich eine Linse $^1/_{18}$ durch Accommodation zulegt.

Besässe das Auge keine Accommodation oder wäre der Accommodationsmuskel durch Atropin gelähmt, dann könnte das Auge durch Gläser, die stärker als $^1/_9$ sind, nicht fortfahren deutlich zu sehen. Schon bei Anwendung von $-\,^1/_8$ würde es eine Linse $^1/_8 - ^1/_9 = \frac{1}{72}$ weniger als das emmetropische Auge haben, also H $\frac{1}{72}$, die nicht gedeckt werden kann, darbieten, mithin undeutlichere Wahrnehmungen haben.

Aus dem Gesagten folgt, dass wenn man bei einem im Besitze der Accommodation stehenden myopischen Auge den Grad der Kurzsichtigkeit bestimmen will, das schwächste Concavglas massgebend ist, mit dessen Hilfe die relativ grösste Sehschärfe erzielt wird. Hat also ein Auge durch Concav 6 Sehschärfe $\frac{20}{50}$, durch Concav $5^1/_2$ S $\frac{20}{40}$

und wird diese Sehschärfe bei Anwendung stärkerer Gläser nicht mehr gesteigert, dann besteht $M\frac{1}{6}$ und die factische Sehschärfe beträgt mit Berücksichtigung der Vergrösserungszahl 1·091, $\frac{21{\cdot}82}{40}$.

Im Hinblick auf die letzterwähnten Verhältnisse ist es von Vortheil, zur Auffindung des corrigirenden Concavglases in der Art vorzugehen, dass man mit zu schwachen Gläsern die Untersuchung beginnt und von diesen zu immer stärkeren übergeht. Man darf aber nicht glauben, dass Concavgläser jeder Art die Sehschärfe bei Myopie verbessern. Schon aus dem obenangeführten Beispiele (mit $M\,1/_5$) ist ersichtlich, dass bei einem gewissen Höhengrade der Myopie die Gläser eine bestimmte Stärke haben müssen, um einen merkbaren Einfluss auszuüben. Hätten wir keine anderen Anhaltspunkte, um uns von vorhinein beiläufig eine Vorstellung über das Mass der Anomalie zu verschaffen, so würde uns die Herabsetzung der Sehschärfe an und für sich in der früher angedeuteten Weise Aufschluss geben, welchen Grad von Myopie wir beiläufig zu erwarten haben. Es wäre daher unvernünftig, wenn in Folge der Kurzsichtigkeit S z. B. unter $\frac{20}{200}$ gesunken wäre, die Proben mit Gläsern, wie Concav 60, 30, 20 zu beginnen; man kann da gleich herzhaft zu Concav 10 mit dem Bewusstsein, dass auch dieses Glas noch zu schwach ist, greifen und von diesem Glase zu solchen von kürzerer Zerstreuungsweite übergehen.

Das umgekehrte Manoeuvre ist verwerflich. Corrigiren wir z. B. $M\frac{1}{15}$ durch $-\frac{1}{8}$, so werden die Buchstaben noch erkannt und sie bleiben, indem sie gleichzeitig grösser zu werden scheinen, deutlich, wenn man hierauf schwächere Gläser vorsetzt. Allein dadurch, dass der zu Prüfende einmal in die Kenntniss der betreffenden Zeichen gelangt ist, vermag er dieselben, wenn die vorgehaltenen Gläser de facto schon zu schwach sind, also ein möglichst deutliches Netzhautbild nicht mehr zu Stande kommt, doch noch zu nennen. Wir haben ja bei einer anderen Gelegenheit schon gehört, welch' einen complicirten Act das Erkennen von Buchstaben darstellt und auch bei schon richtig gelösten Punktproben spielt das Errathen eine nicht ganz untergeordnete Rolle. Darum beginne man mit zu schwachen Gläsern.

Ist das Glas auf die genannte Weise richtig bestimmt, dann muss es die Probe *bestehen, dass,* wenn man vor dasselbe abwechselnd

Concav und Convex 80 stellt, in ersterem Falle die Sehschärfe nicht steigt, in letzterem aber das Sehen etwas undeutlicher wird. Bei den hierher gehörigen Proben darf im Allgemeinen die Angabe des Untersuchten, dass er „besser oder schlechter sehe," nicht allein massgebend sein, er muss vielmehr durch das Nennen der Buchstaben, Zeichen, Punktgruppen seine Kenntniss oder Unkenntniss, den guten Willen und die nöthige Intelligenz vorausgesetzt, erweisen. Bei der letzten (Fein-) Probe muss allerdings die Angabe, dass die Buchstaben noch erkannt, aber mehr oder weniger deutlich, als früher, gesehen werden, den Ausschlag geben.

Die Formel $M = \frac{1}{f + d}$ lehrt uns, dass ein Concavglas um so schwächer wirkt, je weiter es vom Auge absteht. Ist $-\frac{1}{f} = -\frac{1}{6}$, dann corrigirt es, je nachdem $d = {}^1/_2''$, $= 1''$, $= 2''$ M $\frac{1}{6\frac{1}{2}}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{8}$. Man könnte also meinen, dass das gewählte Glas dadurch zu überprüfen sei, dass man es dem Auge nähert oder von demselben entfernt. Würde im ersteren Fall das Sehen verbessert, dann wäre das Glas zu schwach; geschieht dies hingegen bei letzterem Versuche, dann ist es zu stark. Von dieser Probe kann überhaupt nur bei starken Gläsern die Sprache sein, indem bei schwachen die erlaubte Verschiebung des Glases keine merkbare Refractionsdifferenz bewirkt (siehe pag. 110), aber auch bei starken Gläsern, die durch kleine Verschiebungen vor dem Auge eine erhebliche Aenderung ihrer Wirkung erfahren, ist die erstgenannte Ueberprüfungsart (jedoch mit stärkeren Gläsern, Concav 60 oder 40) vorzuziehen, weil eine Annäherung des Glases, das ohnehin nur ${}^1/_4''$ vor die Hornhaut gehalten wird, mit der Unannehmlichkeit einhergeht, dass es mit den Cilien in Berührung kommt und andererseits die durch die Heranrückung stattfindende Vergrösserung des Bildes dem Myopen eine Annehmlichkeit bereitet, die ihm nur schwer gestattet, das Glas als zu stark anzuerkennen; durch das Abrücken des Glases jedoch, falls es jetzt auch besser dem Grade der Kurzsichtigkeit entspräche, mit der dabei stattfindenden Vergrösserung des Gesichtswinkels gleichzeitig eine stetige Abnahme der Bildgrösse einhergeht, die das Deutlicherwerden des Bildes nicht erkennen lässt.

Die Prüfung, deren Princip soeben detaillirt wurde, wird, abgesehen *von den Cautelen*, welche die Rücksicht auf die Sehschärfe er-

heischt (s. pag. 147), so vorgenommen, dass ein Auge nach dem anderen untersucht, das unbeschäftigte dabei durch ein Augenläppchen verhängt wird; dass der Untersucher das betreffende Glas mit Daumen und Zeigefinger am Rande fasst und die übrigen Finger auf die Stirne des Untersuchten aufstützt; dasselbe $^1/_6$" vor die Hornhaut so stellt, dass die Linsenaxe mit der Gesichtslinie zusammenfällt, darauf achtet, dass es nicht trübe ist, und sich gegenwärtig hält, dass die Gläser bei der Prüfung leicht trüb werden (anlaufen) können; und endlich bei der Entscheidung zwischen zwei Gläsern dieselben rasch hintereinander vor das Auge bringt, damit sich die Differenzen möglichst leicht aufdrängen. Wurde das passendste Glas gefunden, so wird dasselbe in ein Brillengestell gefügt und nun die Controle durch das Vorhalten eines schwachen Concav- und Convexglases geübt. Das zur Einfügung von Probegläsern best geeignete Brillengestell ist das v. Jaeger'sche. Zwei Halbringe, deren gegenseitiger Abstand geändert werden kann, sind für die Aufnahme der in dieselben leicht einzusetzenden und wieder zu entfernenden Gläser bestimmt. Richtet man das Gestell gleichzeitig so ein, dass die Halbringe nach vorne umgeklappt werden können, so kann man auch leicht die Gläser im Brillengestell wechseln, ohne es jedesmal gänzlich abnehmen zu müssen.

Wir haben so eben gewisse allgemeine Regeln für die Gläserwahl mitgetheilt, ohne noch über die Verwendung der Convexgläser, über die Correction der Hypermetropie gesprochen zu haben. Darum beeilen wir uns, das Betreffende nachzutragen. Gesetzt, es fehlte einem Auge eine Linse $^1/_{10}$. Dann besteht $H^1/_{10}$ und wir würden dieselbe corrigiren, falls wir Convex 10 in den Knotenpunkt des Auges setzen könnten. Da dies aber nicht angeht, so wird je nach dem Abstande, den das Glascentrum vom Knotenpunkte einnimmt, ein von $^1/_{10}$ verschiedenes, immer aber schwächeres Convexglas zur Neutralisirung nothwendig sein. Ist $\frac{1}{f}$ der Werth des Correctionsglases, und d der Abstand des Glascentrums vom Knotenpunkte, dann besteht die Gleichung: $H = \frac{1}{f-d}$. Ist $d = 1$", so ist zur Correction von $H^1/_{10}$ Convex 11 nöthig, wird in einem andern Falle Convex $3^1/_2$, $^1/_2$ vor k in Anspruch genommen, so ist $H \frac{1}{3^1/_2 - ^1/_2} = ^1/_3$ vorhanden. Wenn wir einen Blick auf die frühere Figur 33 werfen, so wird uns die Ursache hievon klar werden. Damit parallele Strahlen *auf der Netzhaut* des mit $H \frac{1}{12}$ behaf-

Auges zur Vereinigung kommen, müssen sie nach einem 12" hinter dem optischen Centrum o^1 *(k)* des Auges liegenden Punkte convergiren. Steht nun das Centrum o des Correctionsglases 1" von o^1 ab, so muss das Glas eine Brennweite von 13" haben, da die parallelen Strahlen sich dann 13" hinter o und, da $o\,o^1 = d = 1"$, 12" hinter o^1 sammeln würden, falls das dioptrische System des Auges unwirksam wäre. In Betreff der Differenz zwischen dem Werthe des Convexglases und der Hypermetropie folgen wir demselben Principe, wie bei den Concavgläsern. Die Correction ist immer dadurch erfolgt anzusehen, dass das Glas $^1/_2$" vor k gesetzt ward. Wir vernachlässigen die Refractionsdifferenz, solange dieselbe kleiner als $^1/_{120}$ ist. Schreiben wir also $H\,^1/_9$, so wissen wir, es wurde dies Auge durch Convex 9, $^1/_2$" vor k, corrigirt; heisst es dagegen $H\,\frac{1}{7^1/_2}$, so sagen wir damit, dass Convex 8 die Correction vollführte. Die Differenz wird hierbei zuerst $^1/_{120}$ gleich.

Wenn ein Auge z. B. durch Convex 9 corrigirt wird, so kann es, falls wir das Spiel des Accommodationsmuskels ganz ausser Acht lassen, durch ein schwächeres Glas nicht seine grösste Sehschärfe erreichen, andererseits kann aber jenes Glas, welches die relativ grösste Sehschärfe bringt, niemals zu stark sein. Eine Uebercorrection, wie bei Myopie durch zu starke Concavgläser, kann bei Hypermetropie nicht stattfinden, weil das Auge keine negative Accommodation besitzt, seine Refractionsgrösse also durch Aenderung der Formgestalt der Linse zu verringern nicht im Stande ist. Den Grad der Hypermetropie wird also immer das stärkste Convexglas bestimmen, durch welches das Auge noch die relativ grösste Sehschärfe aufweist. Gesetzt, es werde die Sehschärfe eines Auges durch Convex 30 von $\frac{20}{50}$ auf $\frac{20}{40}$, durch Convex 14 weiter auf $\frac{20}{30}$ gehoben, und erhielte sich — wir werden sehen, wieso dies möglich ist — auf dieser Höhe, wenn man der Reihe nach Convex 13, 12, 11. 10 versucht, nähme aber ab, falls Convex 9 in Anwendung gezogen wird, dann ist Convex 10 das den Ausschlag gebende Glas. Es besteht $H\frac{1}{10}$, die wir noch dadurch, dass wir vor Convex 10 abwechselnd Convex und Concav 80 setzen, controliren. Die Controle kann bei starken Gläsern auch durch Verschiebung derselben vor dem Auge versucht werden, wobei zu bemerken ist, dass, wie die Formel $H = \frac{1}{f + d}$ ergibt, das vorrückende

Glas stärker, das sich nähernde schwächer wirkt. Nur muss hierbei bedacht werden, dass das vorrückende Glas gleichzeitig mehr, das anrückende weniger vergrössernd wirkt, die Undeutlichkeit, die sich in ersterem Falle durch das Zustarkwerden des Glases etwa einstellt, durch das Grösserwerden des Bildes bis zu einem gewissen Grade unkenntlich gemacht wird, wogegen das in Folge der Annäherung des Glases etwaige Deutlicherwerden des Bildes wegen der gleichzeitig erfolgenden Verkleinerung desselben nicht so leicht zum Bewusstsein kommt. Darum ist es auch hier zur Controle besser, das Glas $^1/_8$'' vor dem Auge stehen zu lassen und durch Vorsetzen von Convex und Concav 60 (oder stärkerer Gläser) die Gegenprobe zu machen.

So wird nun, indem man ein Auge nach dem anderen der Untersuchung unterzieht, der Grad der Myopie oder Hypermetropie bestimmt — so gut als dies eben mit Hilfe von Gläsern — möglich ist. Um die durch das beständige Wechseln der Gläser vor dem Auge ziemlich umständliche und selbst bei gehöriger Intelligenz der zu Prüfenden langwierige Methode abzukürzen, wurden in neuerer Zeit einige neue Optometer (oder Refractionsmesser) construirt, von denen aber keines auf einem neuen Princip beruht.

Der Refractionsmesser von v. Gräfe (1863) ist nichts Anderes, als ein Galilaei'sches Fernrohr und zwar stellt der monoculäre den sogenannten Feldstecher, der binoculäre das gewöhnliche Theaterperspective dar. Stelle ich vor mein Auge Concav 6, und unmittelbar vor dieses Glas Convex 6, dann ist die Combination unwirksam. Die von einem entfernten Leuchtpunkte kommenden parallelen Strahlen convergiren nach dem Brennpunkte der Convexlinse, also nach einem 6'' hinter ihr, mithin, wenn wir die Linsendicke vernachlässigen, im Focus der Concavlinse 6 gelegenen Punkte, werden daher durch die Concavlinse parallel gemacht, und treten demnach parallel aus, sowie sie aufgefallen.

Rücke ich jetzt das Convexglas um 1'' vom Concavglase ab, dann würden die parallelen Strahlen sich nicht mehr 6'', sondern 5'' hinter der Concavlinse einigen, die Combination wirkt jetzt so, als ob ich auf Concav 6 Convex 5 gelegt hätte, sie wirkt demnach als Convexglas, und zwar als ein solches von 30'' B. W., da $^1/_5 - ^1/_6 = ^1/_{30}$. Entferne ich das Convexglas nicht um Einen, sondern um zwei Zoll, dann ist die Combination gleich $\frac{1}{4} - \frac{1}{6} = \frac{1}{12}$. Bei einem Abstande der Linsen von 3'' von einander, wirkt das System, wie $\frac{1}{3} - \frac{1}{6}$ also wie $\frac{1}{6}$; bei 4''

Distanz wie $\frac{1}{2} - \frac{1}{6} = \frac{1}{3}$; bei $4^1/_2$" Entfernung wie $\frac{1}{1\frac{1}{2}} - \frac{1}{6} = \frac{1}{2}$. Indem ich also Convex 6 allmälig von Concav 6 entferne, stelle ich mir so die ganze Reihe der Convexgläser her, und zwar genügt die Abrückung um $4^1/_2$", um die ganze Gläserreihe von $\frac{1}{\infty}$ bis $\frac{1}{2}$ zu durchlaufen. Ist Concav 6 als Ocular an dem, dem Auge zugekehrten Ende einer Röhre unbeweglich und Convex 6 (als Objectiv) in einer in der erstern verschiebbaren Röhre beweglich angebracht, dann wird, wenn die Röhren ganz in einander geschoben sind, die Combination einem Planglase entsprechen, sofort aber, sowie die innere Röhre ausgezogen wird, als Convexglas wirken. Auf einer an diesem letztern Rohre angebrachten Scala ist direct der Werth des Convexglases abzulesen, welcher einem bestimmten Abstande der Gläser entspricht.

Lasse ich das Objectiv (Convex 6) unverändert, und nehme als Ocular Concav 2 statt Concav 6, dann wird, wenn die Röhren zusammengeschoben sind, also kein Abstand zwischen Concav 2 und Convex 6 besteht, das System wirken als $-\frac{1}{2} + \frac{1}{6} = -\frac{1}{3}$, also wie Concav 3. Lasse ich einen Abstand von 1" eintreten, dann wirkt ein Glas von der Stärke: $-\frac{1}{2} + \frac{1}{5} = -\frac{1}{3\frac{1}{3}}$. Ist d, die Entfernung des Oculars vom Objectiv, $= 2$", dann ist $-f$, die Brennweite der Combination, $= -4$". Ist $d = 3$", so ergibt sich für $-f$ der Werth von -6". für $d = 3^1/_2$, ist $-f = -10$, für $d = 4$", ist $-\frac{1}{f} = -\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 0$. Indem ich also Concav 2 als Ocular verwende, kann ich mir mit Hilfe desselben Objectivglases die Reihe der Concavgläser von $-\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{\infty}$ herstellen. Je mehr ich in diesem Falle die innere Röhre ausziehe, ein desto schwächeres Concavglas erhalte ich, während die Stärke der Convexgläser begreiflicherweise mit dem Ausziehen der Röhren zunimmt, falls Concav 6 als Ocular verwendet wird.

Das monoculäre Instrument von v. Gräfe hat drei Oculare, eines für die hypermetropische, ein zweites für die schwach myopische und ein drittes für die stark myopische Scala, wenn es erlaubt ist, den 3 Scalen der Kürze halber diese Bezeichnungsweise beizulegen. Es ist *klar, dass die* negative Brennweite der 3 Oculare in der Reihe, in

welcher sie aufgeführt wurden, abnimmt. Mit Hilfe der Scala I wird die Hypermetropie, bis H $\frac{1}{2\frac{1}{2}}$, mit der Scala II schwache Myopie, bis $M\frac{1}{7}$, der Scala III $M\frac{1}{8} - M\frac{1}{2\frac{1}{2}}$ in der Art bestimmt, dass man das Instrument auf 20′ Entfernung von Snellen's Tafeln aufstellt, und das unbeschäftigte Auge verhängt. Die Schraube, welche das Objectivrohr aus- und einschiebt, wird vom Untersucher oder auch vom Untersuchten so lange hin und her gedreht, bis das stärkste Convexglas, resp. das schwächste Concavglas, mit welchem die grösste Sehschärfe erreicht wird, eruirt ist. Der binoculäre Refractionsmesser hat die Form eines gewöhnlichen (etwas ungestalteten) Theaterperspectivs, welches der jeweiligen Augenweite angepasst werden kann, und mit zwei leicht einstellbaren Ocularen (für *H* und *M*) versehen ist. Das Instrument wird von dem zu Untersuchenden, der 20′ von den Sehproben entfernt ist, mit freier Hand, wie ein Operngucker, gehandhabt.

Burow's Optometer (1863) besteht gleichfalls aus zwei in einander verschiebbaren Röhren, deren äussere an dem dem Auge zuzukehrenden Ende eine (achromatische) Convexlinse von 4″ B. W., deren innere das Probeobject, Schriftzeichen verschiedener Grösse, durch ein mattes Glas beleuchtet, enthält. Je nach der Refraction des untersuchten Auges wird die äusserste Entfernung, in welcher das Probeobject noch deutlich erkannt wird, verschieden sein. Die innere Röhre wird so weit ausgezogen, bis die Grenze der Deutlichkeit des Objectes erreicht ist. Die an der genannten Röhre angebrachte Scala nennt den entsprechenden Refractionszustand des Auges. Ein emmetropisches Auge wird z. B. falls es nicht accommodirt, die Probeschrift durch Convex 4 eben noch auf 4″ erkennen, während ein Auge mit $H^1/_{12}$ durch Convex 4 bis auf 6″, ein Auge mit $M^1/_{12}$ hingegen durch dieses Glas nur bis 3″ deutlich sieht.

Das Optometer von Perrin und Mascart (1869) besteht aus einem auf einem Gestelle ruhenden cylindrischen Tubus, an dessen einem Ende eine Convexlinse, an dessen anderm Ende das Probeobject (eine auf einer geschwärzten Glasplatte angebrachte transparente feine Schrift) angebracht ist. Im Innern des Tubus ist eine Concavlinse, deren Brennweite kürzer als jene der Convexlinse, in der Art angebracht, dass sie durch die ganze Länge des Rohres vom Objecte bis zum sogenannten Ocular verschoben werden kann. Bei einer bestimmten Stellung der Concavlinse wird der nicht accommodirende Emmetrope die Probeschrift deutlich erkennen. Der an der Scala angebrachte Buchstabe *E* kennzeichnet die *entsprechende* Anordnung des Instrumentes. Von

dem Buchstaben *E* gegen das Object hin sind die der verschiedenen Lage des Concavglases entsprechenden positiven, Hypermetropie corrigirenden Werthe, gegen das Ocular hin die betreffenden negativen, Myopie neutralisirenden Werthe des Optometers kenntlich gemacht.

Es ist klar, dass bei einem bestimmten Abstande der beiden Gläser die Wirkung der Combination gleich 0 wird; dass die Combination als Concavglas wirkt, wenn man die Gläser von dieser Stellung aus einander nähert und zwar als um so stärkeres Concavglas, je mehr sie sich nähern; dass endlich die Wirkung eines Convexglases hervortritt, wenn die Gläser aus jener mittlern Stellung weiter von einander entfernt werden und dass mit der Zunahme des Abstandes auch die positive Wirkung wächst.

Die Werthe für Emmetropie und die verschiedenen Grade von Ametropie sind in dem Instrumente experimentell bestimmt.

Die Schwierigkeiten, welche die Bestimmung des Fernpunktes mit Hilfe der durch Gläser deutlich zu machenden Leseproben in sich schliesst, werden wir in der Speciallehre über Myopie und Hypermetropie kennen lernen, dortselbst auch eine Kritik der eben beschriebenen Optometer und der nachfolgenden Methoden der Fernpunktsbestimmungen besser üben können, als an dieser Stelle. Zunächst werde noch eine Methode aufgeführt, die auf einem alten, zu optometrischen Zwecken häufig verwendeten Principe beruhend neuerdings für klinische Untersuchungen der Ametropie verwerthet wurde. Thomson hat (1870) den bekannten Scheiner'schen Versuch in folgender Weise der klinischen Bestimmung des Fernpunktes dienstbar gemacht. In einem dunkeln Zimmer ist in der Höhe des Auges des zu Untersuchenden eine 9" im Durchmesser haltende Scheibe von Kartenpapier angebracht, welche an einer Stelle ein Loch, $^3/_8$" im Diameter und durch ein durchscheinendes weisses Papier gedeckt, enthält. Hinter der Scheibe steht eine Gasflamme, so dass ein scharf begrenzter Leuchtkreis, welcher auf den Abstand von 20 Fuss unter einem Winkel von 5 Minuten sich darstellt, das Probeobject abgibt. Das in der Entfernung von 20 Fuss stehende zu prüfende Individuum hält vor Ein Auge, während das zweite gedeckt wird, eine kleine runde Scheibe von steifem Papier, in deren Mitte zwei $^1/_2$ Millimeter im Durchmesser haltende, 4 Millimeter von einander abstehende Perforationsstellen befindlich sind und an deren Rückseite ein kleines Stückchen roth gefärbten Glases, welches vor eines der Löcher geschoben werden kann, angebracht ist. Blickt das zu prüfende Auge in der Art durch das Scheibchen nach dem entfernten Leuchtkreise, dass beide Löcher des ersteren, etwa in einer horizontalen *Linie liegend*, sich im Bereiche der Pupille befinden, dann wird nur

Falle, als von dem entfernten Lichtpunkte ein deutliches
f der Netzhaut entworfen wird, dieser Lichtpunkt einfach ge-
rscheint aber im doppelten Bilde, falls die vom Leuchtobjecte
den die 2 Löcher des Schirmchens passirenden Strahlenkegel
ht auf der Netzhaut vereinigen. Liegt die Netzhaut vor dem
unspunkte der Strahlenkegel, besteht also Hypermetropie,
ifft der Kegel, der durch das rechte Loch des Scheibchens
e Netzhaut auf der rechten Seite von dem durch das linke
tretenen links liegenden Strahlenkegel und es wird demnach
rechten Kegel angehörige Bild nach links, das des linken
chts projicirt. Wird also in diesem Falle das rothe Glas vor
hte Loch geschoben, so sieht das Auge statt des Einen
euchtkreises zwei, einen weissen und einen rothgefärbten und
ht der rothgefärbte links, der weisse rechts.
egt die Netzhaut hinter dem Sammelpunkte der von einem
n Objecte kommenden Strahlen, besteht also Myopie, dann
en sich unsere beiden Strahlenkegel in einem Punkte vor der
t, durchkreuzen sich und treffen die Netzhaut so, dass der
as rechte Loch eingedrungene Kegel nach links, der durch
ke Loch getretene nach rechts fällt. Es wird demnach in
Falle das Bild des rechten Kegels nach rechts, das des
nach links projicirt, es erscheint, wenn am Versuche Nichts
wurde, ein rechts stehender roth gefärbter, ein links
r weisser Leuchtkreis.
f die genannte Weise kann man Emmetropie von Ametropie
letzterer Hypermetropie von Myopie unterscheiden. Um den
er Ametropie zu bestimmen, suche man dasjenige Convex-, resp.
las, mit dessen Hilfe das Auge nicht mehr zwei, sondern einen
fernen Leuchtpunkt sieht. Thomson wollte sich bei der Be-
g des Grades der Ametropie der Anwendung von Gläsern
schlagen. Es ist einleuchtend, dass je weiter die Netzhaut vor
ter dem Kreuzungspunkte der Strahlenkegel steht, desto weiter
die auf ihr sich bildenden Leuchtkreise, desto weiter entfernt
uch die Doppelbilder von einander liegen. Können wir den
der 20 Fuss vom Auge entfernten Doppelbilder von einander
und sind uns die optischen Constanten des Auges bekannt,
st sich aus diesen Werthen die Abweichung der Netzhaut von
rmalen Lage und daraus der Grad der Ametropie berechnen.
t Thomson, indem er den gegenseitigen Abstand der Doppel-
irect mass und *die Werthe von* Listing's schematischem

Auge zu Grunde legte. Man sieht aber leicht ein, dass falls nicht d Umstände es unumgänglich erfordern, für individuelle Bestimmung schematische Werthe nicht verwendet werden sollen und dass dahe will man den Scheiner'schen Versuch in der eben beschrieben Weise zur möglichst genauen Bestimmung des Fernpunkts in Anwendu ziehen, dies ohne Gebrauch der Gläser nicht angeht.

Es sei erwähnt, dass auch v. Graefe seinen Refractionsmess so einrichtete, dass mit demselben Fernpunktbestimmungen auf Gru des Scheiner'schen Versuches ausgeführt werden konnten. Mit de Ocular wurde hiezu eine von zahlreichen Spalten durchbrochene Plat in Verbindung gebracht und durch dieselbe mit Hilfe des Instrument nach einem 20 — 30′ entfernten Striche oder Lichtpunkte visirt. I erschien dann der Strich, resp. der Lichtpunkt dem ametropischen Au vervielfältigt und das Instrument hatte seine Aufgabe gelöst, soba bei einer bestimmten Stellung der in einander verschiebbaren Röhr die Polyopie verschwunden war.

Sollen wir noch unter den subjectiven Bestimmungsweisen d Fernpunkts derjenigen erwähnen, bei welcher derselbe an einem nal gelegenen Objecte möglichst ohne Zuhilfenahme von Gläsern gepri wird? Man sieht ein, dass wenn z. B. $M^1/_6$ besteht, von dem betreffend Auge ein feines Object, dessen Erkennen durch Zerstreuungskreise myopischen Auge vereitelt würde, auf keinen grössern Abstand a auf den von 6″ (ungefähr) deutlich gesehen werden kann. Daraus fol dass man auf diese Weise wenigstens Eine Art der Ametropie, d Myopie nämlich, am raschesten und einfachsten dem Wesen und d Grade nach bestimmen könnte, aber leider nur unter der Voraussetzu dass man bereits wüsste, dass wirklich Myopie und gleichzeitig n male Sehschärfe besteht. Denn es sei an dieser Stelle, an welcher v nur einen allgemeinen Ueberblick über die verschiedenen Method geben wollen, blos erwähnt, dass falls ein Auge z. B. allerfein Druckschrift auf keinen grösseren Abstand, als den von 6 Zollen lesen im Stande ist, dies allerdings möglicher Weise $M^1/_6$ anzei dass aber auch Emmetropie mit herabgesetzter Sehschärfe, oder ei Myopie geringeren Grades, z. B. $M^1/_{2\frac{1}{2}}$, gleichfalls verbunden mit ve minderter Sehschärfe, oder aber auch sehr hochgradige Hypermetrop die Ursache dieser Erscheinung sein kann. Um die Differentialdiagno zu machen, dazu fehlen uns aber vorläufig noch die nöthigen Kennt nisse, daher legen wir die genannte Prüfungsart vorläufig ad acta.

Es erübrigt uns noch, über die objective Methode zur Bestim*mung des Fernpunktes*, über den Augenspiegel als Refractions-

messer zu handeln. Ich habe den betreffenden Gegenstand an anderen, früher citirten Orten ausführlich erörtert und will hier nur erwähnen, dass ich von den dortselbst niedergelegten Ansichten über den Werth dieser Bestimmungsmethode ebensowenig Etwas zurücknehme, als ich eine von der meinigen abweichende Art der Berechnung der Vergrösserung des ophthalmoscopischen Bildes brauchbar finden kann. Bemerken will ich, dass in den dort gegebenen Berechnungen an einigen Stellen, trotz der Einführung der von Helmholtz modificirten Listing'schen Werthe für das schematische Auge, der ursprüngliche Listing'sche Werth für den Abstand des zweiten Knotenpunktes von der Netzhaut genommen wurde. Denjenigen, welchen diese theoretische Unrichtigkeit — denn auf die Rechnungen nimmt die Differenz der beiden Werthe (gleich 0·066 P. L.) keinen Einfluss — etwa aufgefallen wäre, dürfte auch die Ursache derselben nicht entgangen sein. Es ist eine Concession an Helmholtz selbst, der gleichfalls bei der Berechnung der Vergrösserung des ophthalmoscopischen Bildes den Listing'schen Werth einsetzte.

Von den Einwürfen, welche gegen die Genauigkeit der ophthalmoscopischen Methode neuerlich erhoben wurden, will ich, da ich die Angelegenheit der Accommodation des untersuchenden und untersuchten Auges durch mein erstes Exposé für erledigt halte und wir auf diesen Punkt in der Speciallehre noch zurückkommen müssen, nur den folgenden aufführen, der allerdings auch für den mit der Sache Vertrauten keiner Widerlegung bedarf. Woinow sagt nämlich in seinen „Bemerkungen über die Untersuchung der Refraction mittelst des Augenspiegels“ [1]): „Die Macula lutea kann uns nicht als leitendes Object dienen. Anders verhält es sich mit der Sehnervenscheibe und den Gefässen. Diese sind deutlich sichtbar und wir könnten vielleicht mit grosser Bestimmtheit das der Refraction des Auges entsprechende Glas finden; wird dieses aber das richtige sein, welches der Untersuchte zum Sehen verwenden kann? Die Antwort auf diese Frage wird verneinend ausfallen müssen. Wir müssen, um die Sehnervenscheibe zu sehen, das Auge nach innen wenden lassen, blicken also durch eine nach aussen von der Gesichtslinie gelegene Hornhautpartie, die wie bekannt einen grösseren Krümmungsradius besitzt als dieses in der Gesichtslinie der Fall ist, wir haben es also mit anderen optischen Constanten zu thun, als in der dioptrischen Axe des Auges und werden eben nur die Refraction einer Stelle des Auges gefunden haben, mit welcher der Untersuchte nichts sieht, die Refraction im blinden Flecke“. Woinow hat

[1]) Centralblatt *für die med. Wissenschaften* 1869. Nr. 56.

hierbei auf Einen Umstand vergessen, nämlich auf den, dass das Auge eine — Linse besitzt, deren Bau „bei der Aenderung der optischen Constanten“ auch ein Wort mitzusprechen hat. Derjenige, dem dies bisher noch entgangen ist, lese z. B. folgende Stelle in Donders: Anomalien der Refraction und Accommodation, pag. 270 der deutschen Uebersetzung (pag. 324 des Orginals): „Es ist bekannt, dass die ganze Krümmung der Netzhaut im emmetropischen Auge in der Brennfläche des dioptrischen Systems liegt; mit dem Augenspiegel sieht man bei **unveränderter** Accommodation die verschiedenen Theile der Netzhaut im aufrechten Bilde **scharf** und im weissen aus dem Kopfe entfernten Kaninchenauge schimmern scharfe Bilder von entfernten Gegenständen durch die ganze Sclerotica hin, so weit nämlich Netzhaut an ihrer inneren Fläche gelegen ist. Thomas Young hat die Vereinigung der Strahlen auf der Netzhautfläche mit dem schichtenartigen Baue der Linse in Verbindung gebracht. Und es ist gewiss, dass dieser nicht ohne Einfluss darauf ist.“ Folgt der Beweis für die letztere Annahme.

Den Einwurf Woinow's hat also schon Thomas Young vor 70 Jahren widerlegt. Nein, die Constanten des Auges werden, falls wir durch eine äussere Partie der Hornhaut hindurchblicken, nicht in der Art, wie Woinow meint, geändert, sie werden vielmehr dabei, solange das Auge in seinem hintern Abschnitte nicht ganz besonders abnorm gebaut ist und so lange es eine Linse besitzt, in der Art modificirt, dass die Refraction an der Stelle des gelben und des blinden Flecks dieselbe bleibt.

Nur bei hochgradiger Myopie, hochgradiger Hypermetropie oder Aphakie (Linsenlosigkeit) könnte eine Differenz in der Refraction des gelben und blinden Flecks auftreten, allein der Fehler, der hierbei, falls wir die Eintrittstelle des Sehnerven als Object nehmen, bei der Augenspiegeluntersuchung entsteht, kann schwer grösser werden, als jener ist, der bei der Gläserprobe, schon vorausgesetzt dass diese zur Erkenntniss der wirklich bestehenden Ametropie führt, sich ergibt. Gebe ich in einem Falle z. B. Concav $2^1/_2$ als das corrigirende Glas an, so muss ich, um den Werth der Myopie zu kennen, gleichzeitig auf Linien genau zu sagen wissen, wie weit das optische Centrum des Glases vor dem Knotenpunkte des Auges steht. Steht das Glas-Centrum z. B. genau 6‴ vor dem 1. Knotenpunkte, dann besteht $M\,1/_2$; stünde es aber 9‴ davor, dann würde es sich um $M\,1^3/_4$ handeln. Nun ist die Differenz zwischen $\frac{1}{1^3/_4}$ und $\frac{1}{2} = \frac{1}{14}$, also sicherlich grösser als die Re-

fractionsdifferenz zwischen gelbem und blinden Fleck. Aber auch bei Aphakie sind wir gar nicht in der Lage den theoretisch bestehenden Unterschied zwischen der Brechkraft des Auges in der Richtung des gelben und blinden Fleckes durch die gebräuchlichen Staargläser auszudrücken. Ein Staarglas, je nachdem es Eine Linie näher oder weiter von der Hornhaut steht, erzeugt dadurch eine weit grössere Differenz, als der Werth der in Rede stehenden Differenz beträgt. Noch geringer, wann überhaupt existirend, ist der Unterschied im hochgradig hypermetropischen Auge, das eine Linse besitzt.

Nur bei hochgradiger Myopie und stark ovoider Form des Bulbus tritt überhaupt de facto ein erwähnenswerther Unterschied in der Brechkraft nach der Richtung des gelben und blinden Flecks auf, — dafür aber hat Derjenige, den der Scrupel, er könnte an der Papille des Sehnerven die Refraction nicht genau genug bestimmen, beunruhigt, die Genugthuung, dass in diesen Fällen die Macula lutea häufig pathologische Veränderungen zeigt und es hierdurch möglich wird, an ihr selbst die Refractionsbestimmung vorzunehmen.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass die Refractionsbestimmung in der That im Allgemeinen an der Eintrittsstelle des Sehnerven vorzunehmen sei und zwar ist für die Refraction des gelben Fleckes jene Einstellung massgebend, bei welcher der Bindegewebsring der Papille eben im deutlichen Bilde erscheint.

Nachdem wir nunmehr, meine Herren! die verschiedenen klinisch verwerthbaren Methoden zur Bestimmung des absoluten Fernpunktes in rascher Folge Revue passiren liessen, wenden wir uns der Auffindung des absoluten Nahepunktes zu. Die Bestimmung des letztern ist schwierig und bleibt im Allgemeinen ungenau, denn wir können die dem Accommodationsmuskel innewohnende Kraft und die durch dieselbe bewirkbare Formveränderung der Linse nicht objectiv messen. Wir sind einerseits auf den guten Willen und die Intelligenz des zu Prüfenden angewiesen und andererseits sind einzelne Proben, deren wir uns zur Bestimmung des Nahepunktes bedienen, solcher Art, dass selbst bei dem besten Willen und bei dem Vorhandensein eines gehörigen Ausmasses von Intelligenz von einer wirklich genauen Ergründung des Nahepunktes im Allgemeinen kaum gesprochen werden kann. Wie geht man vor? Man bedient sich des Stäbchenoptometers, entsprechend feiner Schriftproben *oder der Burchardt'schen* Punktgruppen. Das

Stäbchenoptometer besteht aus einem kleinen rechteckigen mit einem Handgriff versehenen Rahmen, in welchem parallel laufende sehr feine schwarze straff gespannte Drähte angebracht sind. Der zu Prüfende nähert das Optometer so lange seinem Auge, bis die einzelnen Drähte ihre Schärfe und Schwärze zu verlieren beginnen, bis sie anfangen breiter zu werden oder sich zu verdoppeln, wobei ihre Contouren sich verwischen, ihre Farbe aus Schwarz in Grau übergeht. Der Versuch wird durch Anrücken und Entfernen des Objectes so lange fortgesetzt, bis der nächste Punkt ermittelt ist, in welchem die Drähte eben noch vollkommen scharf erscheinen und indem man nun den Abstand des Optometers von einem 3‴ hinter dem Hornhautscheitel gelegenen Punkte mit Hilfe eines Massstabes misst (wobei also das Ende des Massstabes zur Seite des Auges vor dem äusseren Augenwinkel angelegt wird), erhält man den Werth für den Abstand des Nahepunktes vom 1. Knotenpunkte des Auges, von welchem aus ja auch die Lage des Fernpunktes gemessen wird. In ähnlicher Weise, wie mit dem Stäbchenoptometer, verfährt man mit kleinem Druck oder den feinen Punktproben Burchardt's. Es wird die grösste Nähe gesucht, in welcher feiner Druck noch fliessend gelesen oder entsprechend feine Punktproben richtig gelöst werden.

Aus dem Gesagten erhellt, dass wir bei der Bestimmung des Nahepunkts annehmen, dass der Nahepunkt wirklich nahe d. h. einige Zolle vor dem Auge gelegen sei. Denn läge er z. B. in einem Abstande von 30″, dann könnten wir ja derartige feine Proben, zu deren Erkennen bei normaler Sehschärfe eine gewisse Annäherung unumgänglich nothwendig ist, damit das kleinste Netzhautbild den nothwendigen Durchmesser erlange, gar nicht anwenden, wir müssten zu verhältnissmässig grosser Druckschrift, groben Punktproben oder einem aus dickeren und weiter abstehenden Drähten construirten Optometer greifen. Solche Bestimmungen des Nahepunktes für unbegrenzte Entfernungen wären schon gar nicht durchführbar. Man bringe desshalb, wenn der Nahepunkt den Abstand von 12″ überschreitet, denselben unter Zuhilfenahme einer Convexlinse mindestens auf 12″ oder auf eine grössere Nähe heran und berechne aus dem Werthe des verwendeten Convexglases die wirkliche Lage von *p*.

Es hätte ein Auge, mit Convex 36 bewaffnet, den Nahepunkt in 9″, so heisst das: die Summe der zwei Linsen, deren eine sich das Auge (sei es, dass es emmetropisch ist, sei es, dass es sich zunächst durch Accommodation emmetropisch gemacht) vermöge seiner Accommodation (von der Einstellung für ∞ angefangen) noch zulegen kann

und die wir nicht kennen, daher mit $\frac{1}{x}$ bezeichnen wollen, und deren andere $\frac{1}{36}$ ist, — die Summe dieser beiden Linsen ist gleich $\frac{1}{9}$. Das Auge hätte ja denselben Nahepunkt, falls es sich eine Linse $^1/_9$ zu der Linsenfigur zulegen könnte, die der Einstellung für parallele Strahlen entspräche. Es ist also: $\frac{1}{x} + \frac{1}{36} = \frac{1}{9}$ und daher

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{9} - \frac{1}{36} = \frac{1}{18}$$

Das in Rede stehende Auge kann sich daher (von der Einstellung für die Unendlichkeit anfangend) nur eine Linse $^1/_{18}$ zulegen, hat demnach den Nahepunkt in 18". Ist im Allgemeinen $\frac{1}{f}$ der Werth des angewendeten Convexglases, $\frac{1}{\pi}$ der reciproke Werth des mit Hilfe des Glases resultirenden Nahepunktsabstandes, dann ist $\frac{1}{x}$, der reciproke Werth des wirklichen Nahepunktsabstandes, gleich $\frac{1}{\pi}$ weniger $\frac{1}{f}$, also $\frac{1}{x} = \frac{1}{\pi} - \frac{1}{f}$ und daraus $x = P$ leicht zu finden (wobei der Abstand des Glases vom Knotenpunkte des Auges vernachlässigt werden soll).

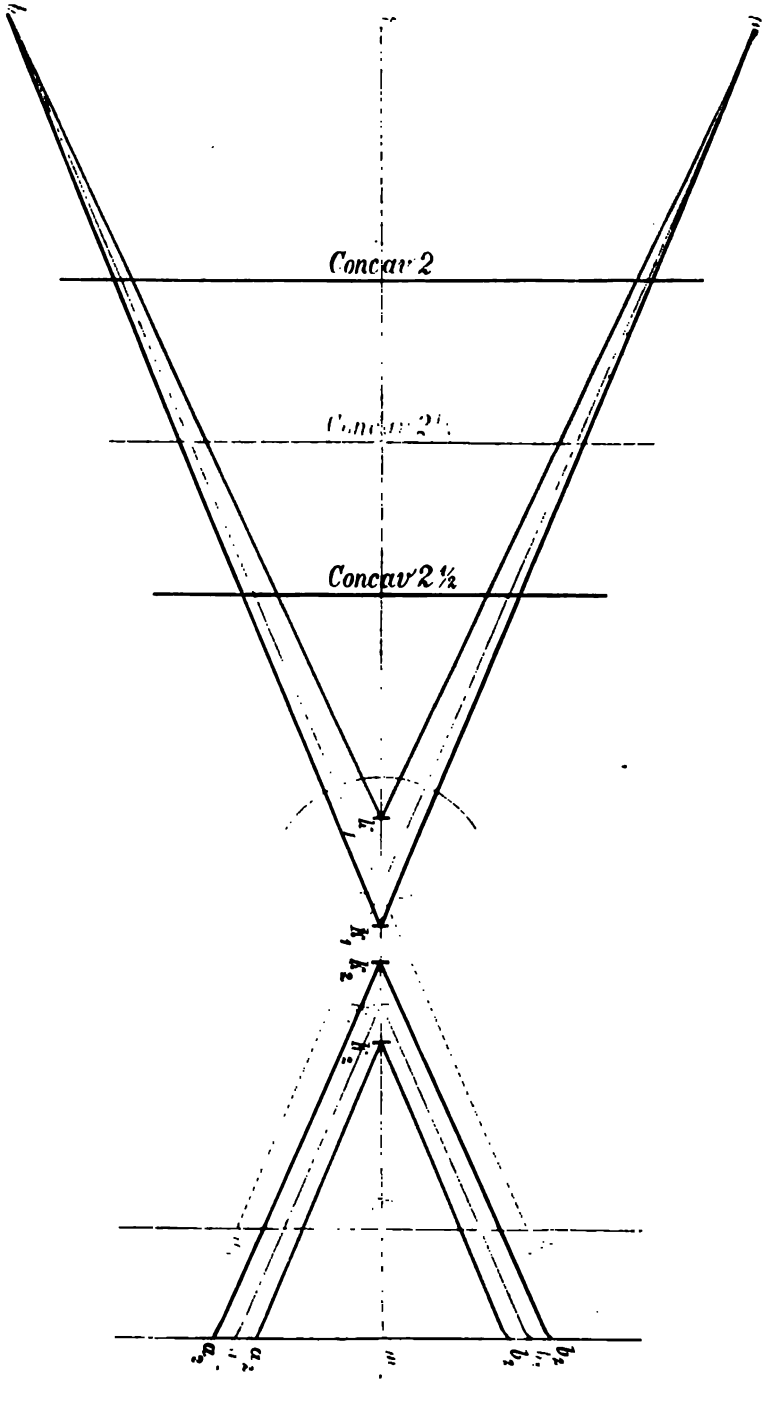
Die Schwierigkeit bei der Bestimmung des Nahepunktes ist eine doppelte. Es kann 1.) der Betreffende nicht gezwungen werden, seine Accommodation auf's Aeusserste anzuspannen, selbst wenn wir dadurch, dass wir das Prüfungsobject dem zu Prüfenden in die Hand geben und ihn dasselbe möglichst dem Auge nähern heissen, den nisus accommodationis so viel als möglich anregen, und 2.) hat es seine Schwierigkeit und bedarf einer gewissen Intelligenz. um bei wachsender Annäherung des Objectes genau die Stelle anzugeben, an welcher dasselbe undeutlich zu werden beginnt. Die Schrift Nr. 1 Jaeger, die feinste. die wir bisher anwenden. kann auch innerhalb der Nahepunktsgrenze, besonders wenn die letztere sehr nahe am Auge gelegen ist, in einem gewissen Bereiche durch Zerstreuungskreise noch gelesen werden; das Stäbchenoptometer, dessen Fäden die Aufmerksamkeit nicht so zu fesseln vermögen, fordert die Accommodation nicht in gleicher Weise wie die Druckschrift heraus, das Undeutlicherwerden der Streifen v

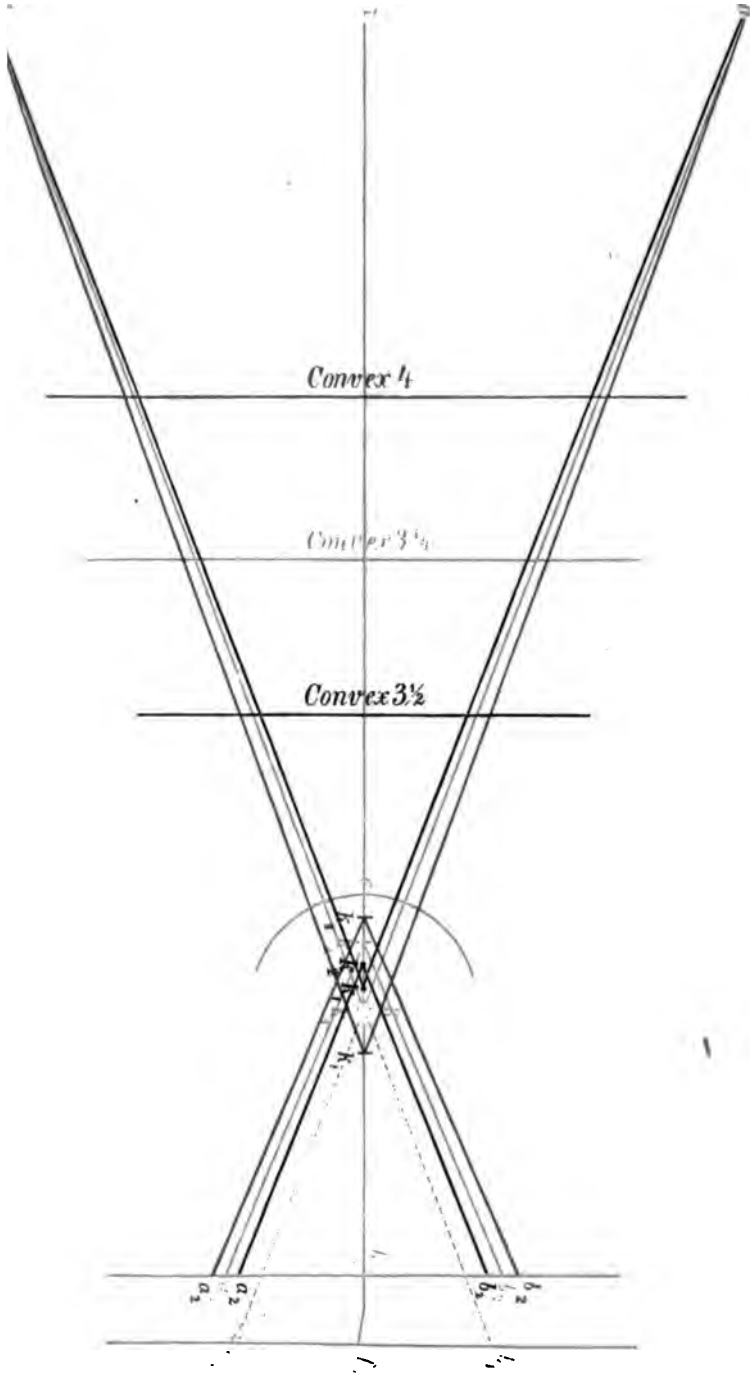
im Beginne der Erscheinung von weniger intelligenten Individuen nur schwer und schwankend angegeben und endlich ist dieses Optometer wegen der dem Auge anhaftenden monochromatischen Aberration überhaupt kein passendes Prüfungsobject. So erklärt es sich, dass wenn wir die Versuche mit Schrift und Optometer bei demselben Individuum wiederholen, wir sehr selten genau übereinstimmende Werthe erhalten. Da nun in der Nähe des Auges Abstände von dem Bruchtheil eines Zolles schon dem Werthe einer Linse $\frac{1}{24}$ (s. pag. 80) entsprechen, so begreift sich die Schwierigkeit der Nahepunktsbestimmung.

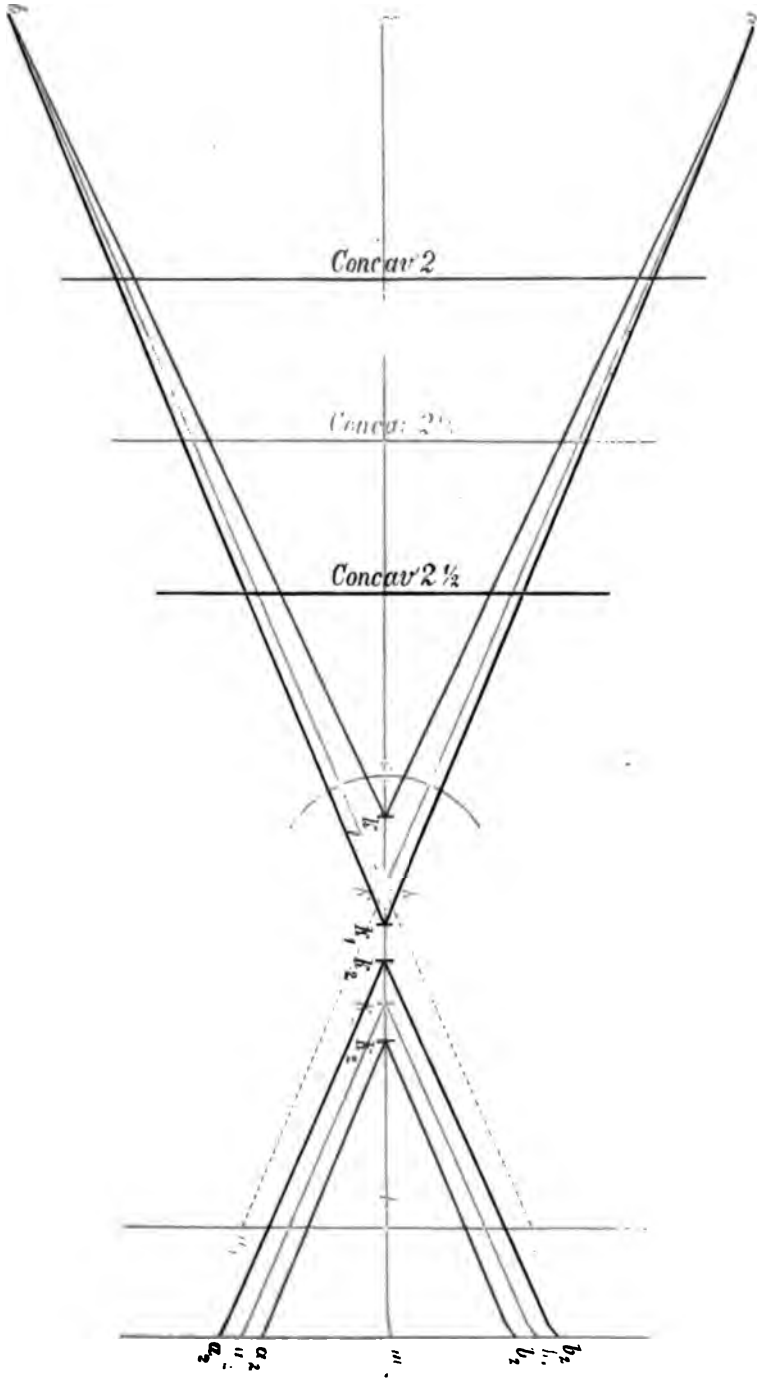
Die weitaus besten Resultate erhält man noch, wenn man die Burchardt'schen Punktproben zur Feststellung des punctum proximum verwendet. Sie sind in den verschiedensten Abstufungen bis zu solcher Kleinheit ausgeführt, dass die feinsten derselben auch bei der grössten Annäherung des Nahepunktes keine Zerstreuungskreise vertragen, sollen sie richtig aufgelöst werden; und der Umstand, der sie, wie wir sahen zur vergleichenden Prüfung der Sehschärfe minder tauglich macht, dass nämlich das Grundpapier um so dunkler wird, je kleiner die Proben werden, fördert ihre Brauchbarkeit zur Bestimmung der Accommodationsgrenze, weil es eben einer weniger genauen Einstellung bedürfen würde um schwarze Punkte auf weissem, als auf grauem Papier noch isolirt zu erkennen. Würden Schriftproben in gehöriger Kleinheit gegossen dann würden auch diese trefflich dienen. Es wird in der That eben daran gearbeitet, noch einige Abstufungen von Jaeger Nr. 1 herzustellen.

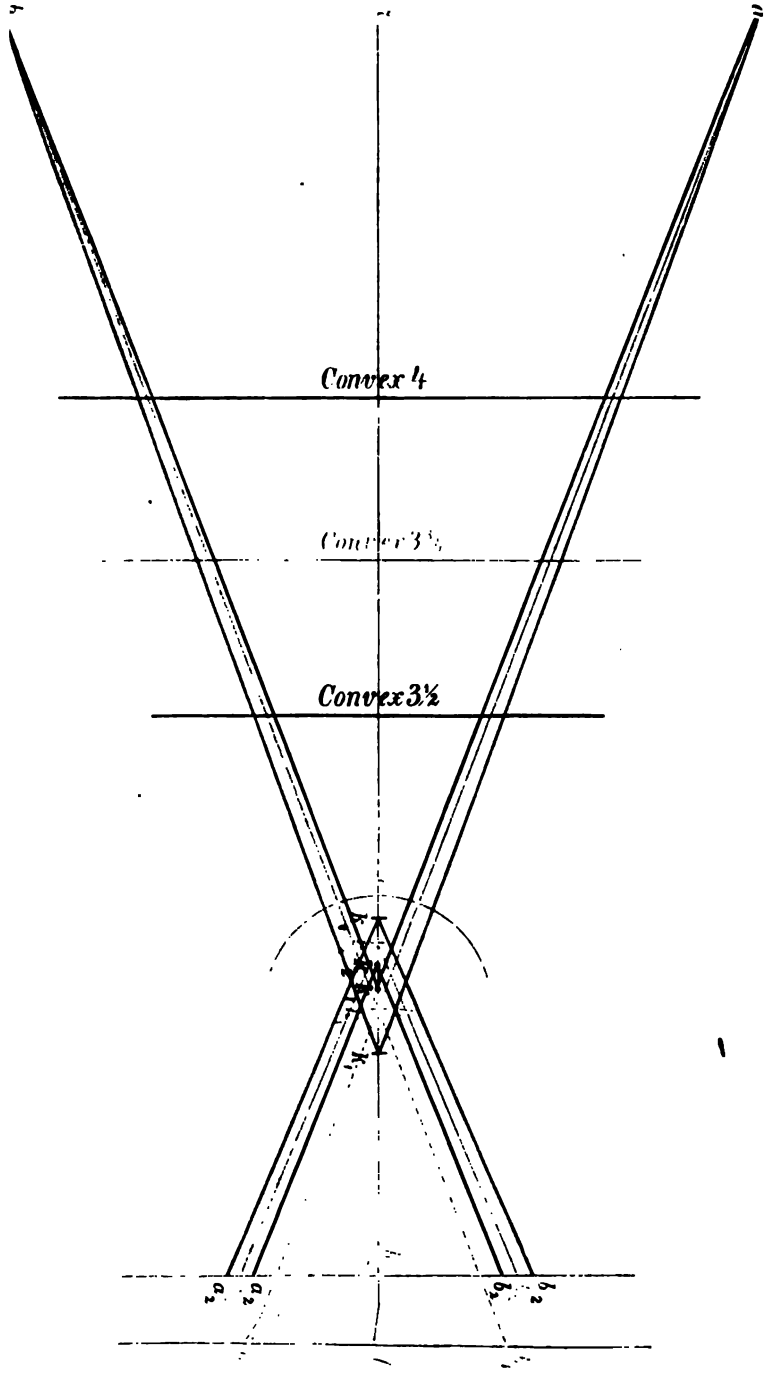
Für klinische Bestimmungen des Nahepunkts können Optometer sei es, dass man eines der älteren, auf dem Scheiner'schen Princip beruhenden, sei es, dass man das neuere Burow'sche Instrument zu Verwendung bringt, nicht gebraucht werden, weil, wenn das ungeübte Auge nicht genau die Lage des Objectes kennt, wenn es nicht dadurch dass der zu Prüfende selbst das Object allmälig dem Auge annähert zu möglichst starker Accommodation angeregt wird, seinen Accommodationsmuskel nur ungenügend contrahirt.

C. Ueberreuter'sche Buchdruckerei (M. Salzer).


Concav 2
Concav 2½


Convex 4
Convex 3½
Convex 3½


Concav 2
Concav 2½


Convex 4
Convex 3½
Convex 3½

Dreizehnte Vorlesung.

Erworbene Hypermetropie und Myopie.

Meine Herren! die physikalischen Eigenschaften des hypermetropischen und myopischen Auges sind uns bekannt. Wir haben zunächst nach den Ursachen der genannten optischen Fehler zu forschen. Man kann in Rücksicht auf die Aetiologie die genannten Fehler in typische und atypische eintheilen. Typisch ist die Hypermetropie so gut wie die Myopie, wenn der optische Fehler, den das Auge nach vollendeter Entwicklung darbietet, als solcher oder wenigstens in der Anlage angeboren ist. Atypisch wird die Anomalie, wenn sie während des Lebens durch irgend welche Veränderungen im Bau des Auges, welche nicht aus der angeborenen Anlage entspringen, erzeugt wird. Auch sind, wenn an der Definition der typischen Form festgehalten werden soll, in das Bereich der atypischen die durch senile Metamorphosen des Auges hervorgerufenen optischen Mängel zu weisen.

Wir besprechen zunächst die atypischen Formen, die erworbene Hypermetropie, die erworbene Myopie, wobei über die Bedeutung des Wortes: „erworben“ nach dem eben Gesagten kein Zweifel bestehen kann. Das Losungswort der Hypermetropie ist: Vereinigung parallel auf die Hornhaut auffallender Strahlen hinter der Netzhaut; jenes der Myopie: Sammlung derartiger Strahlen vor der Retina. Es ist nun leicht von Seite der Theorie anzugeben, durch welche Momente ein ursprünglich emmetropisches Auge in ein hypermetropisches oder in ein myopisches verwandelt werden könnte. Abflachung der Hornhaut, Abflachung der Linsenflächen, zunehmender Abstand zwischen Hornhaut und Linse, Abnahme des Brechungsindex des Kammerwassers oder der Linse, Zunahme des Glaskörperindex, Entfernung eines das Licht brechenden Gebildes aus der Bahn der eindringenden Strahlen, alles Das kann bei unveränderter Axenlänge des Auges oder richtiger gesagt, bei unverändertem Abstande der percipirenden Netzhautschichte von der Hornhaut nach der einen Seite hin Hypermetropie erzeugen, während nach der anderen Seite bei intactem dioptrischem Systeme Verkürzung der Augenaxe und dadurch bedingte Vorrückung der Netzhaut

oder Protrusion der letzteren ohne Abnahme der Axenlänge denselben Effect erzielen würde.

In Betreff der Umwandlung des emmetropischen Auges in ein myopisches ist es klar, dass Krümmungszunahme der Hornhaut sowie jene der Linsenflächen, abnehmender Abstand zwischen Hornhaut und Linse, Zunahme des Brechungsindex des Kammerwassers oder der Linse, Abnahme des Glaskörperindex einerseits, Verlängerung der Augenaxe und dadurch gegebene Rücklagerung der Netzhaut andererseits Myopie hervorrufen können.

Untersuchen wir nun, in wie weit die Erfahrung der Theorie entgegenkommt. Betrachten wir zunächst

die erworbene Hypermetropie.

Fragen wir zuerst: Kommen thatsächlich Fälle vor, in welchen ein Auge durch abnorme Abflachung der Hornhaut hypermetropisch gemacht wird? Die Abflachung der Hornhaut kann auf zweierlei Weise erfolgen, entweder in Folge geschwüriger Processe oder in Folge mechanischer auf eine Stelle der Hornhaut oder auf die Hornhaut in toto wirkender Einflüsse. In ersterer Beziehung ist zu bemerken: Während des Bestehens centraler Hornhautsgeschwüre konnte Donders zuweilen hohe Grade von Hypermetropie nachweisen. Dass nach Ablauf geschwüriger Processe centrale Hornhautabflachungen eine solche Durchsichtigkeit und dabei — wenn auch irregulärer Astigmatismus nicht gänzlich ausgeschlossen erscheint — eine so regelmässige Krümmung bewahren, dass hochgradige, durch Convexgläser corrigirbare Hypermetropie zurückbleibt, wird nur sehr selten beobachtet. Da in dieser Hinsicht specielle Fälle in der Literatur nicht aufgeführt werden, so mögen die folgenden hier Platz finden. [1]).

Der erste Fall betraf einen 18jährigen jungen Mann, welcher 4 Jahre vor seiner Vorstellung eine heftige Entzündung des rechten Auges durchgemacht hatte und nun wegen der Schlechtsichtigkeit ebendieses Auges Hilfe suchte. Vom Centrum der Hornhaut nach unten aussen sich erstreckend fand sich eine so durchsichtige Facette, dass die Aenderung in der Grösse des Spiegelbildes einer Flamme zu Hilfe genommen werden musste, um Lage und Abgrenzung der abgeflachten Stelle festzusetzen. Das gesunde linke Auge war emmetropisch mit normaler Sehschärfe. Das rechte Auge hatte S kaum $^{10}/_{200}$ und las nur 14 Jaeger und dies auf keinen grösseren Abstand als auf 4". Das Auge wurde durch Convex $3^1/_2$, $^1/_4$" vor die Cornea gestellt, corrigirt, hatte

[1]) Berichte des nat. med. Vereines in Innsbruck II. 2 und 3 pag. 186.

mit diesem Glase S $^{20}/_{70}$ und las damit Nr. 3 Jaeger auf 8". Stellte man das uncorrigirte Auge auf 2' von Snellens Tafel, so wurden nur die Buchstaben *XL* und zwar zögernd genannt; hielt man nun ein Prisma von 16° mit der Kante nach abwärts vor das Auge, so dass das Prisma durch Deduction (Abwärtswendung des Auges) überwunden werden musste und die Lichtstrahlen daher durch eine zwar etwas periphere aber normaler gekrümmte, obere Hornhautpartie einfielen, so wurden sofort die Lettern *XX* fliessend gelesen.

In einem zweiten Falle war bei einem 22jährigen Patienten, dessen linkes Auge viele Jahre zuvor durch eine Verletzung zu Grunde gegangen war, am rechten Auge eine centrale Trübung und Abflachung der Hornhaut erkennbar, von solcher Beschaffenheit, dass die Trübung gegen die Mitte hin sich nahezu verlor. Der Augenspiegel zeigte neben irregulärem Astigmatismus gewissen Grades $H^1/_4$. Als corrigirendes Glas ergab sich Convex 16. Das uncorrigirte Auge hatte S $^{10}/_{40}$, das durch Convex 16 corrigirte S $^{10}/_{30}$, auch wurden mit diesem Glase einzelne Buchstaben von *XX* noch erkannt. Patient liest ohne Glas unter sehr starker Verengerung der Lidspalte Nr. 1 Jaeger auf $5^1/_2$", Nr. 3 noch auf 7", aber zögernd, mit Convex 16 Nr. 1 auf 7", Nr. 3 auf $9^1/_2$".

Was bei dem kurzen Berichte über diese beiden Fälle Ihnen, meine Herren! in physikalisch-optischer Beziehung noch unklar erscheint, das wird in späteren Vorlesungen seine Erklärung finden. Wenden wir uns jetzt zu den durch mechanisch-physikalische Einflüsse bedingten Abflachungen der Hornhaut. Ein Fall von einer hierher gehörenden localen Ursache betraf eine 50jährige Patientin, welche an der Hornhaut des linken Auges eine melanotische Geschwulst zeigte, die vom Limbus conjunctivae ausgehend auf die Cornea übergewuchert war, ihre mächtigste Entwicklung nach unten zeigte und nur den inneren Hornhautrand intact liess. Der dem Pupillargebiete gegenüber liegende Theil der Hornhaut war von Geschwulstbildung frei; bei seitlicher Beleuchtung liess sich in dieser Partie eine feine punktförmige, oberflächliche Trübung erkennen. Das rechte gesunde Auge war emmetropisch mit nahezu normaler Sehschärfe. Das linke Auge zeigte Hypermetropie, Convex 12 war das corrigirende Glas, mit diesem war $S = {}^{20}/_{50}$. Der Augenspiegel zeigte ausser der Hypermetropie die (von der Trübung der Hornhaut herrührenden) Erscheinungen eines gewissen Grades von irregulärem Astigmatismus. Als Patientin nach Abtragung der Geschwulst geheilt entlassen wurde, war die Hypermetropie verschwunden. Das Auge war emmetropisch, verwarf selbst Convex 80 entschieden und hatte Sehschärfe $^{20}/_{30}$. Die centrale Hornhautpartie war

dabei fast zur Norm zurückgekehrt, das Ophthalmoskop zeigte Emmetropie und nur noch schwach angedeutete Erscheinungen des irregulären Astigmatismus. Offenbar hatte der am unteren Drittheile der Hornhaut haftende Geschwulstlappen die Abflachung derselben auf mechanischem Wege bewirkt.

Dass wirklich durch äussern Zug oder Druck, in specie durch Fingerdruck die Hornhaut abgeflacht werden könne, und dass Myopen und Astigmatiker bisweilen sich dieses Kunstgriffes thatsächlich bedienen, um den Fehler ihres Auges mitunter in einem ganz erstaunlichen Grade zu corrigiren, werden wir bei Gelegenheit hören. Hier sei erwähnt, dass auch der Emmetrop durch ein derartiges Manöver sich für den Moment in einen Hypermetropen umwandeln könne. So bemerkt Laqueur[1]), dass es ihm in dieser Art gelinge, seinem emmetropischen rechten Auge momentan eine Hypermetropie $^1/_{30}$, bisweilen sogar $H\,^1/_{20}$ zu verleihen.

Die Abflachung der Hornhaut spielt auch aller Wahrscheinlichkeit nach eine wichtige Rolle bei jener Hypermetropie, die glaucomatöse Augen darbieten. Alle Thatsachen sprechen dafür, dass die Hypermetropie, wie sie bei Glaucom sich zeigt, in der grösseren Mehrzahl der Fälle (in jenen, in welchen die Glaucomatösen nicht schon vor ihrer Erkrankung an den Beschwerden der Hypermetropie litten), Folge des erhöhten intraocularen Druckes ist. Hatte schon Helmholtz aus der bekannten physikalischen Thatsache, dass die Hohlkugel jener Körper sei, welcher bei kleinster Oberfläche den grössten Inhalt in sich schliessen könne, gefolgert, dass mit der Zunahme der intraocularen Flüssigkeitsmenge das Auge sich der Kugelgestalt nähern, der Falz zwischen Cornea und Sclerotica sich mehr ausgleichen und der Halbmesser der Hornhaut in Folge dessen wachsen werde, so ist diese Annahme durch die späteren Beobachtungen durchaus nicht erschüttert worden. Schelske's, wenn auch anfechtbare Versuche haben wenigstens gezeigt, dass unter gewissen Verhältnissen und bei bestimmter Druckhöhe der Radius der Hornhaut zunehmen könne, und Donders' negative Resultate, die sich bei „nicht sehr genauer" Bestimmung des Hornhautradius in einigen wenigen diessbezüglichen Fällen ergaben, können kaum massgebend sein. Auch ich fand in einigen Fällen von Glaucom, bei denen ich Messungen vornehmen konnte, keinen grossen Hornhautradius — aber diese Augen waren auch nicht hypermetropisch. In Betreff der Ursache der Hypermetropie bei Glaucom müssen daher auch die negativen Resultate von Coccius[2])

[1]) Annales d'oculistique. LXI. 1869. pag. 214.

[2]) Ophthalmometrie und Spannungsmessung. 1872. pag. 44.

it Vorsicht aufgenommen werden, da über die Refraction der gemes-enen Augen Nichts angegeben ist. Dagegen will ich hier erwähnen, dass i einem Auge mit Cataracta traumatica, in welchem die gequollenen insenmassen die Vorderkammer füllten, der Hornhautradius in der Ge-ichtslinie 8·5 $M^{m.}$ (am gesunden Auge 7·8 $M^{m.}$) betrug, und nach Ent-rnung des Staars = 7·73 $M^{m.}$ gefunden wurde. In einem ähnlichen Falle Linsenquellung nach Discission) fand Coccius [1]) den ursprünglichen Ra-ius von 7·75 $M^{m.}$ eine Woche nach der Operation auf 8·2 $M^{m.}$ gewachsen, nd 15 Tage nach diesem Befunde bei „deutlicher Verminderung der taarflocken in der vorderen Kammer" wieder zur Norm zurückgekehrt.

Also die erste theoretische Möglichkeit für die Entstehung erwor-ener Hypermetropie ist durch die Erfahrung bestätigt. Bei centralen lornhautgeschwüren, bei durchsichtigen centralen Hornhautfacetten, bei em von Seite einer Hornhautgeschwulst gesetzten Zuge, und aller Vahrscheinlichkeit nach durch Steigerung des intraoculären Druckes ann es zur Abflachung der Hornhaut und einer durch Augenspiegel nd Gläser constatirbaren Hypermetropie kommen.

Wie verhält es sich mit dem zweiten theoretischen Momente, der bflachung der Linsenflächen, in der Praxis? In dieser Rubrik ollen wir das Auftreten von Hypermetropie in Fällen anführen, bei enen die Aenderung der Krümmung der Linsenflächen durchaus nicht rwiesen ist, bei denen aber doch in Ermanglung eines bessern Erklä-ngsgrundes an die Linse, als die Ursache der Anomalie, gedacht erden muss. Hieher gehört zunächst die Hypermetropie, wie sie bei iphtheritischer Accommodationslähmung zuerst von Jacobson [2]) (1864) ervorgehoben wurde. Er fand in derartigen Fällen Hypermetropie, elche nach Heilung der Accommodationslähmung in der Art sich ver-indert hatte, dass dieselbe auch nach energischer Atropinisirung und durch bewirkter Lähmung des Ciliarmuskels durchaus nicht mehr in er Weise hervortrat, wie sie während der Lähmungsperiode bestanden atte. So war in einem Falle während der Lähmung rechts und links $H^1/_{18}$, nach Atropinisirung rechts $H^1/_{18}$, links $^1/_{13}$, und fünf Wo-en später nach starker Atropinisirung beiderseits blos $H^1/_{50}$. Ein weites Mal fand sich beiderseits $H^1/_{15}$, nach länger fortgesetzten Atro-in-Einträufluugen $H^1/_{14}$; 5 Monate später rechts $H^1/_{50}$, links Myopie $^1/_{40}$, nach Atropinisirung rechts $H^1/_{50}$, links $H^1/_{80}$. In einem dritten alle ging $H^1/_{20}$ rechts, $H^1/_{11}$ links (welche durch Atropinisirung sich

[1]) Ibidem, pag. 47.

[2]) Graefe's Archiv. X. 2. pag. 47.

nicht änderte), in 20 Tagen dermassen zurück, dass jedes der atropinisirten Augen nur noch $H^1/_{40}$ darbot.

Die Controlversuche Jacobson's, dass nämlich nach wiedererlangtem Accommodationsvermögen Atropin eingeträufelt und in dieser Weise der Fernpunkt festgestellt werde, sind unumgänglich nothwendig. Denn wir werden bald sehen, wie tückisch der Accommodationsmuskel die Hypermetropie ganz oder theilweise zu decken pflegt, und es daher nicht merkwürdig ist, wenn jugendliche Individuen (um welche es sich in den bezüglichen Fällen handelt) zur Zeit, als ihre Accommodation gelähmt ist, eine sogar sehr beträchtliche Hypermetropie aufweisen können, welche ganz oder zum grössten Theile verschwindet, d. h. bei Gläserproben latent wird, so wie der Ciliarmuskel seine Thätigkeit wieder aufgenommen hat. Ich kann daher den Beobachtungen Jacobson's nicht jene anreihen, die ich bei Accommodationslähmungen machte, dass nämlich zur Zeit ihres Bestandes geringe Hypermetropie ($^1/_{40}$) mit Gläsern zu constatiren war, die später wieder latent wurde. Es ist in soferne auch richtig, dass Donders und Dor kein weiteres Gewicht darauf legten, wenn der Erstere einmal eine bei Accommodationslähmung sichtbare $H^1/_{40}$, der Letztere unter gleichen Umständen einmal $H^1/_{24}$ später latent werden sah. Und ebenso möchte ich darauf aufmerksam machen, dass zwei Fälle, welche Laqueur [1]) als Erweiterung der Jacobson'schen Beobachtungen aufführt, nicht beweisend sind. Wenn ein Knabe von 14 Jahren bei Ciliarmuskellähmung nach Diphtheritis $H^1/_{10}$ darbietet, die bei Herstellung des Kranken sich auf $H^1/_{36}$ reducirt, so ist dies, wie ich im Gegensatze zu Laqueur bemerken will, nicht bloss sehr wohl möglich, sondern es ist ein solches Verhalten geradezu zu erwarten; und dass ein 16jähriges Mädchen, welches bei Lähmung der Accommodation $H^1/_{24}$, resp. $H^1/_{30}$ zeigt, später als Emmetropin sich bekundet, ist, ich möchte sagen, selbstverständlich. Auch die Beobachtungen von anderer Seite bringen kein Argument für die ganz paradoxen Befunde Jacobson's. So will ich ausdrücklich erwähnen, dass Scheby-Buch's Angabe, es hätte sich in allen von ihm beobachteten Fällen eine Herabsetzung der Refraction hinreichend sicher feststellen lassen [2]), nach den gemachten Mittheilungen nicht begründet ist. Denn die Hypermetropie der gelähmten Augen betrug nur $^1/_{20}$ — $^1/_{50}$ „mit entschiedener Hinneigung gegen die letzteren Grade," und der Beweis dagegen, dass diese Augen, hätte man sie nach der

[1]) l. c. pag. 207.

[2]) Graefe's Archiv. XVII. 1. pag. 271.

restitution atropinisirt, dieselbe Hypermetropie aufgewiesen hätten, ist ben nicht erbracht. Geradezu staunenerregend ist aber, dass Manz 1870) einen Fall, in welchem ein 10jähriges Kind während der Parese $H^1/_{48}$, und Schweitzer einen solchen, in welchem bei einem 15jährigen Knaben $H^1/_{60}$ sich zeigte, die nach der Heilung schwand, als Stütze der Jacobson'schen Angaben anführen.

Nichts spricht da für die fast unmögliche Annahme einer Hornhautabflachung. Um sich Jacobson's merkwürdige Beobachtungen zu erklären, bleibt beinahe nichts Anderes als die Annahme übrig, dass es bei Lähmung des Ciliarmuskels zu einer stärkeren Erschlaffung seiner Fasern und daher zu einer stärkeren Abflachung der Linse komme, als bei stärkster Atropinisirung. Dies ist an und für sich nicht unmöglich, werden wir doch hören, dass sich mitunter durch die energischesten Atropineinträuflungen der Brechzustand nicht so sehr herabsetzen lässt, als er bei der Prüfung mit dem Augenspiegel vor der Atropinisirung des betreffenden Auges sich darstellt. Aber auch mit dieser Erklärungsweise steht ein Umstand im Widerspruche, d. i. das Ansteigen der Hypermetropie der im Zustande der Accommodationslähmung befindlichen Augen durch die Atropinisirung. Wenn wir vom zweiten Falle Jacobson's, in welchem H durch Atropin von $^1/_{15}$ auf $^1/_{14}$ stieg, also nur um $^1/_{210}$ zunahm, absehen wollen, weil diese Differenz innerhalb der Fehlergrenze der Bestimmung mit Gläsern liegt, so bleibt doch noch Ein Auge (des ersten Falles), in welchem H durch Atropin von $^1/_{18}$ auf $^1/_{13}$, also um $^1/_{47}$ wuchs — ein Umstand, auf den schon Stammeshaus [1]) aufmerksam machte. Sollten sich also Jacobson's Beobachtungen bestätigen, dann liegt etwas Räthselhaftes in ihnen. Ich kann übrigens nicht umhin die Bemerkung beizufügen, dass die Jacobson'schen Beobachtungen bei post-diphtheritischer Accommodationslähmung nicht die einzigen sind, welche mit den allgemeinen optischen Thatsachen im Widerspruch stehen. So erwähnt z. B. Burow [2]) neuerlich: dass bei zwei Kranken mit diphtheritischer Lähmung (welche er zur Prüfung der Calabarwirkung benützte), bei denen noch dazu die Pupillen dilatirt und starr waren, zur Zeit der Lähmung und der Mydriasis in dem einen Falle Myopie $^1/_{60}$, im anderen Falle Hypermetropie $^1/_{60}$ bestand, während nach erfolgter vollkommener Genesung, als die Pupillen regelrecht reagirten und die Accommodation „den Jahren entsprechend" war, alle vier Augen Hypermetropie $^1/_{20}$ darboten, die

[1]) Ueber Functionsstörungen des Auges nach Angina diphtherica. Inaug.-Diss. 1870. pag. 15.

[2]) Zehender, Monatsblätter. 1873. p. 78.

Refraction des rechten Auges also um $^{4}/_{60}$, jene des linken um $^{2}/_{60}$ abgenommen hatte. Als Erläuterung dienen vielleicht die folgenden Worte Burow's: „Die optometrischen Messungen sind mit meinem Optometer angestellt, der das traurige Schicksal hat, todtgeschwiegen zu werden [1]).“

In den Fällen, in welchen sonst noch bei Accommodationslähmung eine Herabsetzung der Refraction angenommen wird, so nach schweren Krankheiten, Bandwurmcur (Jacobson), nach Wurstvergiftung (Höring), bei isolirter Lähmung des Ciliarmuskels ohne Sphincterlähmung überhaupt (Laqueur) ist durch gar Nichts erwiesen, dass es sich nicht um präexistirende Hypermetropie handle.

Die Abflachung der Linse spielt möglicher Weise auch eine Rolle bei der Entstehung der Hypermetropie des glaucomatösen Auges. Ist es in Folge des zunehmenden Flüssigkeitsgehaltes des Auges wirklich möglich, dass die Rinne zwischen Hornhaut und Sclerotica und damit die Hornhaut verflacht werde, so wird sich im gewissen Grade die Zonula Zinnii der Zerrung und Anspannung nicht entziehen können. Dadurch ist der Fall für eine Abflachung der Linse gegeben, welcher der bei Glaucom ohnmächtige Ciliarmuskel sich vergeblich widersetzen wird.

Endlich scheint nach Ed. v. Jäger die Ursache der Uebersichtigkeit, welche derselbe bei bläulicher Sehnervenverfärbung und Sehnervenatrophie auftreten und in ihrem Grade sich ändern sah, gleichfalls, „in vielen Fällen wenigstens,“ in der vermehrten Anspannung der Zinn'schen Zonula, bedingt durch vorübergehende Steigerung des intraoculären Druckes, zu liegen.

Indem wir hinzufügen, dass es vorläufig auch problematisch bleibt, ob bei jener geringen Hypermetropie, welcher das emmetropische Auge im Alter verfällt, eine Zunahme des Krümmungsradius der Linsenflächen im Spiele ist oder nicht; und indem wir weiter bemerken, dass es nicht bekannt ist, dass durch „zunehmenden Abstand zwischen Hornhaut und Linse,“ — ein Moment, welches unter den theoretischen Gründen für Hypermetropie figurirt — wirklich Hypermetropie erzeugt würde, kommen wir zu jenem Punkte, nach welchem Abnahme des Brechungsindex des Kammerwassers oder der Linse Hypermetropie hervorruft. Das Kammerwasser, über dessen abnehmenden Brechungsindex wir Nichts wissen, lassen wir aus dem Spiele und sprechen nur von der Linse, wiewohl sich gleich herausstellen wird, dass der Gemeinplatz „Lucus a non lucendo“ hier seine Berechtigung hat. Wir subsummiren nämlich

---

[1]) Uns trifft der Vorwurf nicht. S. pag. 209.

an dieser Stelle die Hypermetropie, die sich im höhern Alter im ursprünglich emmetropischen Auge entwickelt. Donders hat diesen Gegenstand genau verfolgt, aber ich glaube, dass es nicht ganz zutreffend ist, wenn er angibt, dass „der Fernpunkt schon vom 40. Jahre angefangen, wenn auch ausserordentlich langsam, hinausrücke“ und dass es vielleicht nicht ganz mit diesem Ausspruche übereinstimmt, wenn er sofort beifügt, dass „das emmetropische Auge etwa ums 50. Jahr etwas hypermetropisch“ werde [1]), denn in dem Momente, in welchem der Fernpunkt des emmetropischen Auges hinausgerückt ist, ist ja dasselbe etwas hypermetropisch geworden. Es ist eine nicht ungewöhnliche Beobachtung, dass Leute mit 55, 60, selbst 65 Jahren keine Spur von Hypermetropie zeigen, Individuen, welche die dem Alter entsprechende senile Accommodationsbeschränkung aufweisen und bei denen die Anamnese nicht den geringsten Anhaltspunkt für die Annahme präexistirender geringer Myopie bietet. Ja, ich möchte grade jene Augen, bei welchen man erst in der zweiten Hälfte der fünfziger Jahre die ersten Spuren von Hypermetropie bemerkt, als wirklich emmetropische gelten lassen, während jene, bei denen der Fernpunkt schon in den vierziger Jahren mit Gläsern nachweisbar hinauszurücken beginnt, schon ursprünglich schwach hypermetropisch gebaut gewesen sein dürften. Die Hypermetropie, welche in Folge der gleich zu besprechenden Linsenveränderung im höheren Alter auftritt, erreicht nur geringe Grade, $^1/_{40}$—$^1/_{30}$—$^1/_{20}$. Wenn man in sehr hohem Alter nicht selten höhere Grade von Uebersichtigkeit bis $^1/_{12}$ und darüber in ursprünglich emmetropischen Augen findet, so hat hier offenbar ein anderes Moment zur Steigerung der Hypermetropie mitgewirkt.

Senff hat das Brechungsvermögen einer imaginären Linse von homogenem Baue d. i. von durchaus gleicher Dichtigkeit, einer Linse, welche dabei in ihrer Gestalt der menschlichen Linse vollkommen entspräche und in ihrer Wirkung mit derselben vollkommen übereinstimmte — das totale Brechungsvermögen der menschlichen Linse genannt. Dieses totale Brechungsvermögen ist es, welches in höherem Alter abnimmt und dessen Abnahme eine Hauptrolle bei der Entstehung der senilen Hypermetropie spielt (Donders). Das totale Brechungsvermögen der Linse nimmt aber dadurch ab, dass jenes der peripheren Linsenschichten unverhältnissmässig zunimmt und sich dadurch dem des Linsenkerns nähert. „Den Brechungsindex der Linse betreffend,“ sagt Listing 1851, „muss bevorwortet werden, dass wenn wir dieser Substanz als einer homogenen, was sie bekanntlich nicht ist, einen einzigen Index beilegen,

[1]) Anom. etc. pag. 176.

dieser nicht etwa, wie man oft irrigerweise gethan, einen mittleren Werth aus den an den äusseren, mittleren und Kernschichten gewonnenen Bestimmungen erhalten darf, sondern einen Werth, der den des Kerntheils übersteigt.“ Indem der Index der Linsenschichten von der Peripherie gegen den Kern zunimmt, ist der Weg eines Lichtstrahles innerhalb der Linse ein krummliniger und die totale Brechung desselben eine grössere, als wenn die ganze Linse den Index des Kernes besässe, also in ihrem Innern homogen beschaffen wäre. Zwar würde dann bei Ein- und Austritt des Strahles eine stärkere Richtungsänderung desselben eintreten, aber da die Wirkung eben nur auf die Grenzflächen der Linse sich beschränkte, innerhalb der Linse der Gang des Strahles ein gradliniger wäre, so wäre die Totalwirkung doch eine geringere. Nun kann man sich schon bei oberflächlicher Untersuchung leicht überzeugen, dass in den aus Augen alter Individuen genommenen Linsen nicht blos der Kern dichter ist, als bei jugendlichen Individuen, sondern dass vor Allem die Rindensubstanz an Consistenz zugenommen hat, so zwar, dass wiewohl der Kern dichter wurde, dennoch die Rinde in ihrer Dichtigkeit sich ihm nähert. Auch ist es ja bekannt, wie viel Licht die gealterte Linse von der Vorderfläche zurückwirft. Im Tageslichte und noch viel auffallender bei seitlicher Beleuchtung erscheint das Pupillargebiet bei alten Individuen deutlich getrübt, während die Linse im durchfallenden Lichte selbst bei Anwendung des lichtschwächsten Augenspiegels noch vollkommen durchsichtig sich zeigt. Der stärkere Reflex rührt eben her von der Zunahme des Index der peripheren Linsenschichten und der dadurch bewirkten grösseren Differenz zwischen dem Brechungsvermögen dieser letzteren und jenem des Kammerwassers. Trotzdem also im Alter der Index des Linsenkernes zunimmt, wird doch dadurch, dass die Dichtigkeit der Rinde in ungleicher Proportion sich steigert, die Linse in ihrem Gefüge mehr homogen und ihr totales Brechungsvermögen nimmt ab. Damit ist, caeteris non mutatis, das emmetropische Auge in ein hypermetropisches, allerdings aus dieser Ursache stets nur in ein solches mit Hypermetropie geringen Grades, umgewandelt.

Wenn wir fernerhin Entfernung eines das Licht brechenden Gebildes aus der Bahn der eindringenden Strahlen als eines der theoretischen Momente, durch welche Hypermetropie erzeugt werden könnte, bezeichnet haben, so kann hiermit, in die Praxis übersetzt, nur die Entfernung der Linse aus dem Pupillargebiet gemeint sein. Dieser Zustand, gleichgiltig ob die Linse aus dem Auge herausgenommen, oder ob sie blos dislocirt ist, ist in optischer Hinsicht

ls Linsenlosigkeit oder mit Donders als Aphakie zu bezeichnen. Da ıan sich die Hypermetropie dadurch entstanden denken kann, dass ıan dem das dioptrische System des emmetropischen Auges vorstellenıen Linsensysteme eine Linse wegnimmt, so ist klar, dass wenn wir ıus dem wirklichem Auge die Krystalllinse entfernen, damit ein beıtimmter Grad von Uebersichtigkeit gegeben sein muss. „Nicht Weitsichtigkeit, wie man glaubt," sagt v. Stellwag 1855, „sondern Uebersichtigkeit, und zwar hochgradige Uebersichtigkeit ist das Ergebniss künstlicher oder durch krankhafte Processe bedingter Entfernungen des Krystalles aus der Sehaxe des Auges." Der Grad der Hypermetropie, welcher durch Linsenlosigkeit in einem ursprünglich emmetropischen Auge erzeugt wird, ist circa $^1/_3$. Wenn man Aphakische promiscue prüft, so ergibt sich allerdings, dass in den speciellen Fällen die ganze Reihenfolge der Convexgläser von $^1/_{3\,1/4}$ bis $\frac{1}{\infty}$ abwärts und andererseits stärkere Gläser als $^1/_{3\,1/2}$, zur Anwendung kommen. Diese Thatsache ist leicht zu begreifen, und nach der üblichen Vorstellung, nach welcher Myopie und Hypermetropie als Linsenwerthe aufgefasst werden, auch leicht zu verwerthen. Besteht ursprünglich Myopie, hat also das Auge eine Linse gleichsam zu viel, dann kann demselben, wenn durch die Staaroperation z. B. eine Linse $^1/_3$ weggenommen wird, unmöglich eine Linse $^1/_3$, es kann ihm nur eine schwächere Linse im Vergleiche zum emmetropischen Auge fehlen, d. h. es muss das Auge im linsenlosen Zustande eine geringere Hypermetropie als $^1/_3$ darbieten. Hätte es gar ursprünglich $M\,^1/_3$ besessen, hätte es also eine Linse $^1/_3$ mehr gehabt, als das emmetropische Auge, dann wird es durch die Entfernung der Linse gerade emmetropisch, da ihm ja diese imaginäre Linse $^1/_3$ in sehr reeller Weise weggenommen ward. Es ist ebenso einleuchtend, dass ein Auge, welches vor der Operation eine stärkere Linse zu viel hatte, als jene ist, welcher der Krystall entspricht, auch im linsenlosen Zustande gleichsam noch eine Linse zu viel hat, d. h. noch immer myopisch ist. Ich selbst habe allerdings nie einen Fall gesehen, in welchem nach der Staaroperation ein Concavglas zur Correction nothwendig gewesen wäre. Wohl aber wurden von Anderen solche Beobachtungen gemacht, so z. B. von v. Graefe, welcher in einem Falle von Aphakie Concav 12 als corrigirendes Glas fand.

Andererseits ist es begreiflich, dass wenn in einem Auge schon vor der Staaroperation eine Linse gleichsam fehlte, also in Folge des Baues des Auges Hypermetropie bestand, die nach der Operation sich ergebende Uebersichtigkeit den Werth von $^1/_3$ übersteigen wird. Doch

will ich bei dieser Gelegenheit bemerken, dass viel stärkere Gläser als $^1/_3$ (über die wirkliche Brennweite der Staargläser folgen später noch Bemerkungen) 4‴ vor die Cornea gesetzt, nur in ganz ausserordentlich seltenen Fällen als Correctionsgläser des linsenlosen Auges befunden werden. Ich habe nie einen Fall gesehen, welcher dem zur Erklärung der Wirkungsänderung des Glases in der siebenten Vorlesung [1]) genommenen Beispiele entsprochen hätte. Ja, selbst Convex $2^3/_4$ findet sich seit Jahren nicht ein einziges Mal als corrigirendes Glas bei Aphakie aufgeführt. Es geht daraus hervor, dass wenn gleich auch in myopischen Augen einfache Staarbildung viel seltener vorkommt, als in emmetropischen, doch hochgradig hypermetropische Augen — hochgradige Hypermetropie ist durchaus nicht so selten als man glaubt — als diejenigen zu betrachten sind, welchen ein hoher Grad von Immunität gegen Cataracta zukommt.

Es ist für Zwecke, die wir gleich kennen werden, wichtig, den Grad der Hypermetropie, der im linsenlosen Auge besteht, genau zu bestimmen. Da der Fernpunktsabstand, sei es dass der Fernpunkt vor oder hinter dem Auge gelegen ist, stets vom Knotenpunkte des Auges gerechnet wird, so ist klar, dass wir auch im aphakischen Auge den Fernpunktsabstand nur vom Knotenpunkte aus berechnen dürfen. Ja, während wir im schematischen oder dem wirklichen, mit zwei Knotenpunkten versehenen Auge in dieser Richtung erwägen könnten, ob der Abstand vom ersten oder dem zweiten, oder einem sogenannten mittleren Knotenpunkte zu nehmen wäre, so kann uns in dieser Hinsicht in Betreff des reducirten und des aphakischen Auges kein Zweifel aufsteigen. Das reducirte Auge hat ja, wie wir wissen, nur Einen Knotenpunkt, weil es nur Eine brechende Fläche hat, und in dem gleichen Falle findet sich das aphakische Auge, dessen dioptrisches System auch nur noch durch Eine brechende Fläche, die Cornea oder das die Cornealkrümmung darbietende Kammerwasser, dargestellt wird. Unter solchen Umständen liegt der Eine Knotenpunkt im Krümmungscentrum, und daher im linsenlosen Auge im Krümmungsmittelpunkte der Cornea. Wenn also Donders in die Lehre der optischen Fehler die Berechnung des Nahe- und Fernpunktes vom Knotenpunkte aus eingeführt hat; wenn er sagt [2]): „Die Entfernungen P und R werden vom Nahepunkte p und dem Fernpunkte r bis zu dem circa 3‴ hinter der vorderen Hornhautfläche im Auge gelegenen vorderen

[1]) Pag. 110.
[2]) l. c. pag. 26.

Knotenpunkte *k'* gerechnet": so begeht er eine nicht zu rechtfertigende Inconsequenz, wenn er im aphakischen Auge (dem einzigen, in welchem wir noch dazu die Lage des Knotenpunktes wirklich bestimmen können) den Abstand des Fernpunktes nicht vom Knotenpunkte, sondern vom Hauptpunkte, also vom Hornhautscheitel aus in Rechnung zieht. „Um den Grad der Hypermetropie bei gegebener Sehachse zu finden," heisst es [1]): „brauchen wir nur zu berechnen, nach welchem Punkte hinter der Hornhaut die einfallenden Strahlen vor der Brechung convergiren müssen, um nach der Brechung durch die Hornhaut in der Netzhaut zur Vereinigung zu kommen." Und in der That wird dieser Werth, ohne den Abstand des Knotenpunktes von der Hornhaut zuerst davon zu subtrahiren, als für den bestehenden Grad der Hypermetropie massgebend unmittelbar hingestellt. Ich will bemerken, dass es sich hierbei nicht blos um eine unerklärliche theoretische Unrichtigkeit handelt, was der Fall wäre, falls geringe Grade von Hypermetropie in's Spiel kämen, sondern dass wegen der hohen Grade der Hypermetropie im aphakischen Auge der Werth derselben von Donders, seinen Befunden gemäss, um einen ansehnlichen Bruchtheil zu gering angegeben wird. Da uns andererseits das aphakische Auge durch das Glas, dessen es zur Correction bedarf, hochwichtige Aufschlüsse über die factische Wirkung der Krystalllinse im Innern des Auges zu geben geeignet ist, so würde auch diese Wirkung nicht richtig beurtheilt, falls die Hypermetropie von der Lage des Fernpunktes hinter der Hornhaut abhängig gemacht würde.

Sie werden, meine Herren! mich entschuldigen, wenn ich bei dieser Gelegenheit auf einen Satz hinweise, welcher sich in dem Berichte über einen Vortrag des Dr. Stammeshaus (in der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn am 17. März 1873 gehalten) vorfindet. Stammeshaus glaubt da die Bemerkung machen zu sollen, „dass in dem Werke von Mauthner „die optischen Fehler des Auges" pag. 155 und folg. die Berechnung des Grades einer Refractionsanomalie des reducirten Auges irrthümlicherweise vom Knotenpunkte ausgeht, so dass die von Mauthner berechneten Werthe von $l_{,,}$ nur richtig sind für eine Myopie plus und eine Hypermetropie minus 5 $M^{m.}$" Ein Zusatz zu diesem mit olympischer Ruhe gemachten Ausspruche scheint mir nach dem eben Erörterten überflüssig.

Wenn wir den Werth des corrigirenden Glases genau kennen, den Abstand des Glascentrums von der Hornhaut in Betracht ziehen und

[1]) l. c. pag. 259.

durch Bestimmung des Hornhautradius in der Gesichtslinie die Lage des Knotenpunktes feststellen, dann können wir den Grad der Hypermetropie im aphakischen Auge mit grösserer Genauigkeit angeben, als diess im linsenbesitzenden Auge möglich ist. Es zeigt sich, dass in der Mehrzahl der Fälle Convex 4—$3^1/_2$, 4‴ vor die Hornhaut gestellt, als corrigirendes Glas sich ergibt. So liegt vor mir eine Liste der letzten genau geprüften 117 correctionsfähigen an Cataracta operirten Augen, aus welcher erhellt, dass bei 64 operirten Männern 24mal Convex 4, 8mal Convex $3^3/_4$, und 10mal Convex $3^1/_2$ das Correctionsglas war, dass ausserdem $3^1/_4$ 2mal und Convex 3 3mal als corrigirend sich erwies, dass endlich, während ein stärkeres Glas als $^1/_3$ niemals benöthigt wurde, Convex $4^1/_4$—$4^3/_4$ in 9 Fällen in Anwendung kam. Ausserdem ergab sich Convex 5 3mal, Convex 6 3mal und Convex 12 1mal als corrigirend, während endlich in Einem Falle das aphakische Auge Emmetropie zeigte.

Unter 53 operirten Weibern stellt sich das Verhältniss wie folgt:

Es corrigirte Convex	10	2mal
	6	1 „
	5	1 „
	$4^3/_4$	2 „
	$4/^1_2$	4 „
	$4^1/_4$	4 „
	4	16 „
	$3^3/_4$	4 „
	$3^1/_2$	12 „
	$3^1/_4$	5 „
	3	2 „

In Summa also waren unter 117 Aphakischen 74, welche zur Correction 4—$3^1/_2$; zwölf, welche $3^1/_4$—3; neunzehn, welche $4^3/_4$—$4^1/_4$; eilf, welche Gläser zwischen Convex 5 und 12 nöthig hatten und Einer, der gar keines Glases bedurfte. Die corrigirenden Gläser geben, falls Astigmatismus da ist, die Correction des stärker brechenden Meridians an. Es erfolgte also die noch weiter nothwendige Correction stets durch convexe Cylindergläser. Ueber den Astigmatismus der Linsenlosen sprechen wir zu geeigneter Zeit, für den Augenblick interessirt er uns nicht.

Die 74 durch Convex 4—$3^1/_2$ Corrigirten sind als originäre Emmetropen oder Solche mit geringen Abweichungen der Refraction nach positiver oder negativer Richtung anzusehen. In der Mehrzahl der Fälle ist diess auch durch die Anamnese, durch die Angabe der Individuen zu constatiren, dass sie stets gut in die Nähe und Ferne gesehen haben

nd erst im Alter eines Convexglases für Nahearbeiten bedurften. Das las: Convex $3^1/_2$ (W. Zoll), mit welchem die Aphakischen geprüft urden, hat factisch eine Brennweite von 88 M$^{m.}$ (also $3^1/_4$ P. Z.). Bedenken wir diess, sowie dass der Abstand des Glascentrums von der Hornhaut bei der Prüfung = 9 M$^{m.}$ (4 Linien) genommen wurde, und dass der Radius der Hornhaut nach ophthalmometrischen Messungen 7—8 Millimeter betrug, so ergibt sich, dass der negative Fernpunkt, welcher 88 M$^{m.}$ hinter dem Glascentrum liegt, um 16 bis 17 Millimeter weniger vom Knotenpunkte absteht, also 72—71 Millimeter = 2·65 bis 2·62 P. Z. hinter demselben gelegen ist. Die stärkste Hypermetropie also, welche in einem ursprünglich emmetropischen Auge nach der Entfernung der Linse zu Stande kommt, beträgt nach **meiner** Erfahrung, da auch in den vielen hundert anderen Fällen von Aphakie, welche nicht so genau untersucht wurden, in Betreff der Correctionsgläser dieselben Verhältnisse obwalteten, — ich sage die stärkste Hypermetropie ist gleich $\frac{1}{2\cdot65} - \frac{1}{2\cdot62.}$ In einer eben so grossen oder grösseren Zahl von Fällen — unter den genannten 117 Augen wurden 22 durch Convex $3^1/_2$ und vierzig durch Convex 4 corrigirt — erscheint Convex 4, dessen wirkliche Focaldistanz 100 M$^{m.}$ = c. $3^3/_4$ P. Z. beträgt, als corrigirendes Glas. Der negative Fernpunkt steht unter dieser Bedingung 84—83 M$^{m.}$ hinter *K*, die Hypermetropie kann also (da 3 P. Z. = 81·3 M$^{m.}$) = $^1/_3$ gesetzt werden. Durch die Entfernung der Linse aus dem Pupillargebiete eines emmetropischen Auges wird also $H\ ^1/_3 - \frac{1}{2\cdot6}$ erzeugt. Unter dieser Voraussetzung lässt sich auch der Grad der Myopie und Hypermetropie ungefähr bestimmen, welche einem Auge, das im linsenlosen Zustande eines von den letztgenannten Gläsern wesentlich abweichenden zu seiner Correction bedarf, ursprünglich zukam. Wir können nämlich vorbestehende Myopie annehmen, wenn das aphakische Auge eine geringere Hypermetropie als $^1/_3$, vorbestehende Hypermetropie, wenn es höhere Uebersichtigkeit als $\frac{1}{2\cdot6}$ aufweist. Die Berechnung des Grades der originären Ametropie ist unter solchen Annahmen ganz einfach. Besteht z. B. im aphakischen Auge $H^1/_6$, so hatte das Auge zuvor ungefähr *M* ($^1/_3$—$^1/_6$) = $^1/_6$; ist $^1/_{12}$ das Correctionsglas, so war $M = {}^1/_3 - {}^1/_{12} = {}^1/_4$; ist das linsenlose Auge emmetropisch, also $\frac{1}{\infty}$ das corrigirende Glas, dann war die Myopie

$1/3 - \frac{1}{\infty} = 1/3$. In den wenigen Fällen hingegen, in welchen unser Glas Convex 3, dessen wirkliche Brennweite 73 M^{m}. (etwas weniger als $2^3/_4$ P. Z.) beträgt, ist auf eine präexistente Hypermetropie zu schliessen.

Wenn das Centrum der Probegläser nicht, wie es zur gleichmässigen Prüfung geschieht, 4‴ vor die Cornea gestellt wird, sondern wenn die Gläser definitiv in Brillengestelle eingefügt werden, dann wird es von der Conformation des Nasenrückens, der grösseren oder geringeren Prominenz der oberen Augenhöhlenränder, resp. von dem Umstande ob die Augen mehr oder weniger tief liegen, abhängig sein, welches Glas dann als Correctionsglas sich ergiebt. Denn so irrelevant es bei schwachen Gläsern ist, ob sie $1/2$″ mehr oder weniger vom Auge abstehen, so gleichgiltig es hierbei sogar erscheint, ob der Abstand des Glases vom Augenknotenpunkte in Rechnung gezogen wird oder nicht: so gilt dies, wie wir wissen, durchaus nicht mehr für Gläser von so kurzer Brennweite, wie es die Staargläser sind. Bei niedrigem Nasenrücken, wenig prominenten oberen Augenhöhlenrändern, wie solches beim weiblichen Geschlechte häufig der Fall ist, wird auch das im Brillengestell stehende Glas nicht weiter als 4‴ vom Auge abzustehen brauchen. In der Regel aber wird es in Folge der Momente, auf die wir eben hindeuteten, nöthig, den Gläsern einen grösseren Abstand, einen solchen von 5, 6, 7, ja selbst 10‴ zu geben. War also bei einem Abstande von 4‴ Convex $3^1/_2$ das corrigirende Glas, so wird, falls das Glas im Brillengestelle einen Abstand von 7‴ erfordert, Convex $3^3/_8$ und falls die genannte Distanz 10‴ beträgt, Convex 4 als Correctionsglas in das Brillengestell einzufügen sein.

Würde man, bei dem Abstande von 10‴, $1/3^1/_4$ als corrigirendes Glas beibehalten, so würde die Wirkung dieselbe sein, als ob man Convex 3 in der Distanz von 4‴ vorgesetzt hätte. Wenn aber das Auge bei dieser Distanz durch $1/3^1/_4$ für parallele Strahlen eingerichtet wird, so wird es, wenn ich ihm statt $1/3^1/_4$ Convex 3 vorsetze, nunmehr für einen 21″ vom Glase entfernten Punkt eingerichtet sein, indem ich ja zu der Linse $1/3^1/_4$ eine solche von 21″ Brennweite hinzugefügt habe, da $1/3^1/_4 + 1/21 = 1/3$. Da es nun aber denselben Effect hat, ob ich bei unveränderter Grösse des Glasabstandes $1/3^1/_4$ mit $1/3$ vertausche, oder ob ich $1/3^1/_4$ um 6‴ weiter abrücke, so geht daraus klar hervor, dass der Aphakische, falls er keine Accommodation besitzt und falls $1/3^1/_4$ sein corrigirendes Glas ist, durch das Abrücken desselben um $1/_1$″ sich für einen 21″ vom Glase (in dessen erster Stellung) entfernten Punkt einstellt. Lässt dasselbe Individuum das Glas noch um $1/2$″ weiter

vom Auge abrücken, so wirkt nun das Glas so, als ob Convex $2^1/_2$ 4''' vor der Cornea stände, demnach als ob, da $^1/_{2^1/_2} = {}^1/_{3^1/_3} + {}^1/_{8^3/_4}$ ist, dem Correctionsglase eine Linse $^1/_{8^3/_4}$ zugefügt wäre. Es wird nun ein Object deutlich gesehen, welches $8^3/_4'' + 4'''$, also 9'' 1''' von der Hornhaut absteht. Ein derartiger Staaroperirter wird demnach, indem er sein Correctionsglas von 4''' bis auf 16''' vom Auge abschiebt (und es gelingt ihm diese ganze Excursion durch Vorschieben der Brille bis zur Nasenspitze selbst bei nicht allzu gewaltiger Entwicklung dieses Organs) er wird, sage ich, dadurch den Raum von der Unendlichkeit bis zu einem 9'' vom Auge abstehenden Punkte durchlaufen, also dasselbe erzielen, als ob ihm eine Accommodationsbreite c. $^1/_9$ zu Gebote stände.

Diese grosse Differenz in der Wirkung der Staargläser je nach ihrem Stande vor dem Auge dürfte nun dem Linsenlosen sehr gelegen kommen, denn da wir die Linse als das einzige der Accommodation dienende Organ kennen gelernt haben, so würden wir es begreiflich finden, wenn beim Mangel der Linse jede Spur von Accommodationsvermögen fehlte. Es wäre allerdings nicht unmöglich, dass wenn auch unter regulären Verhältnissen der Accommodationsvorgang ausschliesslich durch die Linse vermittelt wird, das Auge, dieses kostbaren Gutes beraubt, dasselbe in irgend einer, wenn auch noch so unzulänglichen Weise zu ersetzen versuchte. Es wäre also nicht unmöglich, dass einer jener Vorgänge einträte, welche früher zur Erklärung der Accommodation herbeigezogen wurden, dass also z. B. die Axe des Bulbus in Folge des Druckes der äusseren Augenmuskeln sich verlängerte oder dass, wie Förster in Form einer Frage es ausspricht, der Musculus ciliaris unter solchen Umständen „eine Verstärkung der Hornhautkrümmung hervorbringen lernt."

Die Empirie muss da entscheiden. Die Erfahrung spricht sich im Allgemeinen dahin aus, dass Linsenlose keine Accommodation besitzen. Besonders seit Donders bei zwei jugendlichen Individuen mit guter Sehschärfe diesbezügliche Prüfungen angestellt hatte, welche ihm den Mangel von Accommodationsfähigkeit bei Aphakie in überzeugender Weise demonstrirten, wurde die Angelegenheit als erledigt angesehen. In neuerer Zeit nun hat Förster, indem er gleichzeitig die Beweiskraft der Donders'schen Prüfung angriff, den Satz ausgesprochen, dass kein Zweifel darüber bestehen könne, dass bei Aphakischen ein Accommodationsvermögen vorkomme und dass dieses bei jugendlichen Personen grösser sei als bei älteren. Dabei hat es sich für Förster ergeben, dass das Accommodationsvermögen anfangs, kurze Zeit nach der Staaroperation sogar ganz fehlt und sich später erst einstellt, oder dass es viel geringer

ist, als nach einem halben Jahr bis Einem Jahre. Das Accommodationsvermögen wurde daraus erschlossen, dass mit einem und demselben Glase feine Schriftproben in sehr verschiedenen Abständen gelesen wurden. Das accommodationslose Auge kann mit einem bestimmten Glase, das in einem bestimmten Abstande vor der Hornhaut steht, nur aus einer einzigen bestimmten Entfernung deutliche Bilder auf der Netzhaut entwerfen. In dem früher gesetzten Falle, in welchem $^1/_{31/4}$ das corrigirende Glas war, konnte mit $^1/_{21/4}$ ein Gegenstand deutlich gesehen werden, welcher $8^3/_4$" vom Glase abstand. Besitzt das Auge keine Accommodation, so kann es eben mit diesem Glase, das seinen Abstand vom Auge nicht ändert, nur in der genannten und keiner anderen Entfernung deutlich sehen. Wenn trotzdem die Erfahrung zeigt, dass Schriftproben in etwas verschiedenen Abständen mit dem gleichen unverrückten Glase von Aphakischen gelesen werden, so wurde dies daraus erklärt, dass eben auch mit undeutlichen Bildern, also „durch Zerstreuungskreise" gesehen werden kann. Was es mit dem Lesen und Erkennen von Buchstaben überhaupt für eine sonderbare Bewandtniss hat, das haben wir schon früher [1]) gehört. Es ist sicher, dass wir beim Lesen uns nicht des Sehens der einzelnen Buchstaben bewusst werden, dass wir, ich möchte sagen, den grösseren Theil derselben errathen, ja dass es selbst mit dem besten Willen und bei der gespanntesten Aufmerksamkeit sehr schwierig zu erlernen scheint, die ein Wort zusammensetzenden Buchstaben wirklich zu sehen. Beweis dafür die Druckfehler, die sich in diesen Vorlesungen, wenn sie im Drucke werden erschienen sein, sicherlich finden werden, wiewohl ich, ein geübter Corrector, selbst die Correctur besorge und ausserdem noch von anderer Seite corrigirt wird. Es kommt also beim Lesen nicht auf die Zerstreuungskreise allein, sondern auch auf andere Momente an. Trotzdem hat begreiflicher Weise Alles seine Grenzen. Man wird aus einer kleinen Ausdehnung der Leseweite bei Aphakischen demnach nicht auf Accommodation schliessen, aber in Förster's prägnantestem Falle wird von einem $10^1/_2$jährigen Mädchen, $3^1/_2$ Jahre nach der ersten Operation eines Schichtstaares, Nr $\mathrm{I}\frac{\mathrm{I}}{\mathrm{II}}$ Snellen in 3 bis 13", II bis 16", III bis 24", IV bis 30" gelesen. Förster berechnet daraus, indem er den Zerstreuungskreisen einen gehörigen Spielraum gestattet, eine Accommodationsbreite von nicht weniger als $^1/_{6^1/_2}$. Die anderen Fälle sind minder hervorragend. Doch finden sich, wenn ich von den geringen Accommo-

[1]) pag. 137.

dationsbreiten absehe, noch aphakische Augen mit $\frac{1}{A} = {}^1/_{10}, {}^1/_{8\frac{1}{2}}, {}^1/_{7\frac{1}{2}}$.

Ich will zunächst bemerken, dass es in hohem Grade auffallend ist, dass Förster, der noch dazu die Möglichkeit der Mitwirkung des Ciliarmuskels und der dadurch etwaig bedingten Aenderung der Hornhautkrümmung in Betracht zieht, nicht energische Atropinisirung zur Controle in Anwendung zog, wenn schon die Messung der Hornhautkrümmung in diesen Fällen, wie es scheint, nicht vorgenommen werden konnte. Es wird uns nicht berichtet, wie sich die Augen bei Atropinmydriasis verhielten. Das hätte vielleicht einen Fingerzeig für die Erklärung des Phänomens gegeben und besonders in den Fällen, in welchen die Pupille frei, nicht von Nachstaarmassen zum grossen Theile verlegt war, gezeigt, ob das Sehen ein von Zerstreuungskreisen freies war. Allerdings kann ich die Bemerkung nicht unterdrücken, dass gerade von dem oben erwähnten prägnantesten Falle angeführt wird, dass in demselben ein Nachstaar da war, in welchem mit einer Nadel „eine centrale ovale Oeffnung, durch welche der Hintergrund wieder sehr klar sichtbar wurde" hergestellt ward. Ueber die Grösse dieser Oeffnung wird nichts angegeben. Wäre die Oeffnung sehr klein, dann könnte allerdings nach Ausgleichung des Refractionfehlers durch ein Convexglas in Folge des geringen Durchmessers der Zerstreuungskreise auf der Netzhaut ein hoher Grad von Accommodation vorgetäuscht werden.

In jedem Falle waren die Beobachtungen Förster's geeignet, die Aufmerksamkeit neuerdings auf den vorliegenden Gegenstand zu lenken. Auch ich habe seitdem einige jugendliche Individuen im Alter von 10—12 Jahren, die an nicht congenitaler Cataracta operirt worden waren, auf Accommodation zu untersuchen Gelegenheit gehabt und bei diesen konnte ich mich überzeugen, dass sie nicht eine Spur von Accommodation besassen. Als Prüfungsobject wurden allerdings nicht Schriftproben, bei deren Anwendung die Angaben der Aphakischen in Betreff der Distanz des deutlichsten Sehens Schwankungen unterworfen waren, auch wurde nicht das Stäbchenoptometer, bei dessen Benützung man, wie Förster hervorhebt, ganz ohne Controle auf die Aussagen der Untersuchten allein angewiesen ist — sondern es wurden Burchardt's Punktproben verwendet, von denen wir zu Ende der zwölften Vorlesung[1]) gezeigt haben, dass sie die tauglichsten seien, wenn man den Einfluss der Zerstreuungskreise auf das Erkennen der Objecte möglichst eliminiren will. Es hat sich dabei herausgestellt, dass diese Kinder mit

[1]) pag. 218.

einem bestimmten Glase Punktgruppen, die ihrer Sehschärfe entsprachen, nur in einer einzigen Entfernung deutlich auflösen konnten, dass, wenn man die Punktproben längs eines Massstabes verschob oder von dem Untersuchten verschieben liess, die Stelle des deutlichsten Sehens mit nicht nennenswerthen Schwankungen stets in denselben Abstand vom Glase fiel und mit grösster Bestimmtheit angegeben wurde, dass durch Verschiebungen um $^1/_4$" nach vor- oder rückwärts die Punkte bereits undeutlicher wurden. Auch Franz Mannhardt und Jan Coert haben die Förster'schen Beobachtungen durch eigene controlirt und sind zu dem Schlusse gekommen, dass die Ansicht: „Aphakischen fehlt jegliches Accommodationsvermögen," die richtige sei. Aus Coert's Versuchen geht hervor, dass die Sehschärfe des aphakischen Auges, welches durch ein Glas für eine bestimmte Distanz z. B. für die Ferne corrigirt wird, sich vermindert, wenn das Object seinen Abstand vom Auge ändert und dass sie wiederum steigt, falls das Glas dem Objects-Abstande gemäss gewählt, resp. das vor dem Auge stehende Glas durch Hinzufügen eines Convex- oder Concavglases rectificirt wird. Daraus folgert Donders, dass das Auge keine Accommodation besitzt und in den Entfernungen, für welche es nicht accommodiren kann, nur durch Zerstreuungskreise relativ deutlich sieht, eine Leistung, die nach Versuchen von Donders und Baumeister auch das linsenbesitzende Auge aufzubringen vermag, wenn der Accommodationsmuskel durch Atropin vollständig gelähmt wird. Auch der Umstand, dass nach Förster die Accommodation des aphakischen Auges durch längere Zeit nach der Operation zuzunehmen scheint, findet nach Donders seine Erklärung in der Zunahme der Sehschärfe allein.

Es ist nicht schwer einzusehen, dass Förster auf Grund der von ihm veröffentlichten Beobachtungen manche Vertheidigungsgründe gegen Donders vorbringen könnte. Ich möchte aber nur darauf aufmerksam machen, dass die Frage über die Accommodationsfähigkeit des aphakischen Auges nur in objectiver Weise zu entscheiden ist. Derjenige, welcher die Accommodation des linsenlosen Auges annimmt, hat sich einfach mit Hilfe des Augenspiegels zu überzeugen, dass falls der Augengrund durch ein bestimmtes Glas oder ohne Glas (wie mir) deutlich erscheint, undeutlicher wird, sobald der Aphakische, was demselben leicht eingelernt werden kann, auf ein nahegelegenes Object seine gespannte Aufmerksamkeit richtet. Ich selbst sah bei diesen Versuchen keine Aenderung in der Deutlichkeit des Augenspiegelbildes eintreten, jene Aenderung, die man so leicht in jedem mit Accommodation versehenen Auge und dann besonders bequem wahrnimmt.

wenn man die Pupille durch eine geringe Atropindosis (z. B. einen Hart'schen Atropinsquare von $^1/_{20.000}$ (?) Gran) erweitert, welche auf den Accommodationsmuskel sehr wenig oder gar nicht wirkt. Würde es Förster gelingen, in einem seiner eclatanten Fälle das Undeutlicherwerden des Augengrundes bei Accommodationsbestrebungen zu constatiren, dann wäre nicht blos der positive Beweis für die Accommodation bei Aphakie erbracht, sondern es wäre auch leicht, den Grund derselben aufzufinden. Es müsste sich zeigen, ob der Hornhautradius sich ändert und wäre dies nicht der Fall, dann wüsste man mit Bestimmtheit, dass die Augenaxe länger wird. Ich will den Gegenstand mit der Erklärung schliessen, dass es Dinge gibt, in welchen man eben nur die eigene Erfahrung für massgebend erachten kann. Ich für meine Person halte also an der Anschauung fest, dass die Linse allein den Accommodationsact vermittelt und dass mit ihrem Verluste auch das Accommodationsvermögen bleibend verloren ist.

Aus dieser Accommodationslosigkeit des aphakischen Auges ergibt sich, dass wenn wir nicht der wechselnden Distanz der Gläser vor dem Auge eine Rolle zuschreiben wollen, und in Anbetracht, dass die thatsächlich zulässige Verschiebung der Brille überhaupt nicht und besonders bei schwächeren Gläsern nicht den nöthigen Effect zu erzielen vermag, wir für die Ferne und die Nähe verschiedene Staargläser verordnen müssen. Kennt man das corrigirende Glas, so ist nichts leichter als das Glas zu berechnen, welches im gleichen Abstande wie das Correctionsglas vor dem Auge stehend, das deutliche Sehen für eine bestimmte Entfernung vermittelt. Ist z. B. $^1/_4$, 5‴ vor der Hornhaut stehend, das neutralisirende Glas und will das betreffende Auge nunmehr in einem Abstande von 8″ (vom Glase aus gerechnet) deutlich sehen, so wird dies begreiflicher Weise durch ein Glas $^1/_4 + ^1/_8 = ^1/_{2^2/_3}$ vermittelt, da ja durch das zugefügte Convexglas $^1/_8$ die von dem 8″ abstehenden Punkte ausgehenden Strahlen parallel gemacht und nunmehr durch $^1/_4$ auf der Netzhaut gesammelt werden. Wäre $^1/_{3^1/_2}$ das Correctionsglas und gestattet die geringe Sehschärfe des linsenlosen Auges für das Naheobject (etwa mittlere Druckschrift) nur einen Abstand von 6″, dann wird mit einem Glase $^1/_{3^1/_2} + ^1/_6 = ^1/_{2^2/_{19}}$ auf einen Abstand von 6″ vom Glase gesehen, wenn das Naheglas denselben Stand vor dem Auge wie das Fernglas hat. In der Praxis natürlich versucht man empirisch, welches von den uns zu Gebote stehenden Gläsern dem Postulate am besten entspricht. Man wird im ersteren Falle Convex $^{2^3}/_4$ oder $2^1/_2$, im letzteren $2^1/_4$ oder 2 wählen.

Indem wir über die Diagnose der Aphakie, über das Sehen und die Sehschärfe der Aphakischen, sowie über den Einfluss der Convexgläser auf die Sehschärfe zu einer geeigneteren Zeit verhandeln werden, müssen wir hier noch einen hochwichtigen Gegenstand von principieller Bedeutung besprechen. Die Untersuchung aphakischer Augen gibt uns nämlich die Mittel an die Hand, um etwas Thatsächliches über die Wirkung der Linse im Auge und über die Länge der Augenaxe zu erfahren, sie gibt uns auf diese Art die Mittel an die Hand, um die Construction des schematischen Auges zu controliren und uns zu orientiren, ob dieses wirklich dem wirklichen Auge, wenn auch nur annähernd entspricht.

Ist die Krystalllinse dem Pupillargebiete entnommen, dann gibt es kein einfacheres dioptrisches System, als das Auge. Es wird dargestellt durch eine einzige brechende Fläche, vor welcher sich Luft, hinter welcher sich Kammerwasser, resp. Glaskörper befindet. Indem wir die Hornhautkrümmung direct messen können, und der Werth der Linsenwirkung uns durch den Grad der Hypermetropie gegeben ist, welcher durch eine Entfernung der Linse im emmetropischen Auge erzeugt wird, so rechnen wir nicht mit problematischen, sondern mit sicheren Daten, und höchstens der Brechungsindex des Kammerwassers = dem des Glaskörpers könnte, irrig angenommen, einen Fehler bringen. Wenn man aber denselben nach Listing und Helmholtz $= \frac{103}{77}$ $= 1{\cdot}3377$ (also sehr wenig von dem des Wassers verschieden, da $^4/_3 = \frac{104}{78}$) setzt, so kann es sich nur um einen Fehler in den späteren Decimalstellen handeln, worauf es hier gar nicht ankommt.

Die erste Frage, welche man, gestützt auf die Erfahrungen über den Werth der Correctionsgläser bei Aphakie stellen muss, ist die: Kann es ein Auge geben, welches sowie das schematische Auge einen Hornhautradius von 8 M^{m}·, eine Länge (vom vorderen Hornhautpol bis zur percipirenden Netzhautschichte gerechnet) von 22·231 M^{m}·, und für Kammerwasser und Glaskörper einen Brechungsindex $\frac{103}{77} = 1{\cdot}3377$ hat, und welches dabei eben das Postulat des schematischen Auges, das der Emmetropie, erfüllt? Die Antwort auf diese wichtige Frage ist sehr leicht. Man braucht zunächst nur zu berechnen, welche Hypermetropie ein solches Auge darbieten würde, wenn man ihm die Linse entnimmt. Die Frage beantwortet sich mit Hilfe der einfachsten Formel von der Welt, die wir schon einmal zu ähnlichem Zwecke verwendet haben.

Die Formel

$$\frac{n_2}{\alpha} + \frac{n_1}{a} = \frac{n_2 - n_1}{r}$$

gilt für Eine brechende Fläche, vor welcher sich ein Medium mit dem Index n_1 (in unserem Falle Luft mit dem Index 1), hinter der sich ein Medium mit dem Index n_2 (in unserem Falle Kammerwasser mit dem Index 1.3377) befindet. a bezeichnet den Abstand des Leuchtpunktes von der brechenden Fläche, α jenen des Bildes von derselben. Wir fragen, wie convergent müssen Lichtstrahlen auf das der Linse beraubte schematische Auge auffallen, in welchem negativen Abstande von der brechenden Fläche muss der leuchtende Punkt, wie weit muss er hinter ihr liegen, dass das Bild dennoch auf die Netzhaut falle. In jener Formel ist also $n_1 = 1$, $n_2 = 1{\cdot}3377$, α ist 22·231, a ist unbekannt und negativ, r, der Radius des schematischen Auges, ist 8 M$^{m\cdot}$. Es ergibt sich also

$$\frac{1{\cdot}3377}{22{\cdot}231} - \frac{1}{a} = \frac{1{\cdot}3377 - 1}{8}$$

und demnach $a = -55{\cdot}6784$ M$^{m\cdot}$, d. h. es müssen die auf die brechende Fläche einfallenden Strahlen nach einem 55·6784 M$^{m\cdot}$ hinter dieser, also nach einem 47·6784 M$^{m\cdot}$ hinter dem Knotenpunkte gelegenen Punkte convergiren, um auf der Netzhaut ihre Vereinigung zu finden. Es besteht daher in einem solchen Auge (da 47·6784 M$^{m\cdot}$ = 1·76 P. Z.) $H\frac{1}{1{\cdot}76}$, und zur Correction wäre, wenn der Abstand des Glases von der Hornhaut 9 M$^{m\cdot}$ betragen soll, ein Glas von 9 + 55·6784 Millimeter B. W., also ein Glas von 2″ 4·8‴ Brennweite nöthig. Das ist aber nie und nimmer der Fall. Der höchste Grad von Hypermetropie in einem aphakischen, ursprünglich emmetropischen Auge kann, wenn der Knotenpunkt 8 M$^{m\cdot}$ hinter der Hornhaut liegt, nicht höher als mit $\frac{1}{2{\cdot}6}$ angenommen werden. Wir haben bei dieser Berechnung ohnehin dem Glase $^1/_{3^1/_2}$ nicht die eingeritzte Brennweite, sondern die factische, bedeutend kürzere gegeben. Bei der Vernachlässigung dieses Umstandes wäre die höchste Hypermetropie noch wesentlich niedriger ausgefallen. Andererseits ist leicht anzugeben, welche Hypermetropie ein Auge ursprünglich besessen haben muss, falls es im linsenlosen Zustande $H\frac{1}{1{\cdot}76}$ darbietet, wenn das ursprünglich emmetropische Auge unter gleichen Verhältnissen höchstens $H\frac{1}{2{\cdot}6}$ aufweist. Es ergibt sich, dass dieses Auge

schon ursprünglich $H\frac{1}{1\cdot76} - \frac{1}{2\cdot6}$, d. i. $H\frac{1}{5\cdot45}$ besass. Wenn wir also im schematischen Auge nichts ändern, den Radius der Hornhaut, die Länge des Auges, den Brechungsindex für Kammerwasser und Glaskörper beibehalten, aber nur der Linse ihren wirklichen Werth, und dabei nicht einen mittlern, sondern den höchsten Werth beilegen, der ihr thatsächlich zukommt, so zeigt sich, dass das schematische Auge nicht der Emmetropie, sondern hochgradiger Hypermetropie $\left(H\frac{1}{5\cdot45}\right)$ entspricht. Diese Abweichung von der Realität ist aber eine so colossale, dass die Richtigkeit des schematischen Auges in seiner jetzigen Construction schon aus diesem Umstande in's Schwanken geräth.

Wir können diese letztere Ansicht noch weiter begründen, indem wir zur Beantwortung einiger anderer Fragen, zunächst der folgenden schreiten: Welcher Krümmungsradius müsste der Hornhaut des schematischen Auges beigelegt werden, falls die Länge desselben unverändert, also mit 22·231 M$^{m\cdot}$ beibehalten, und ohne Aenderung des Index für Kammerwasser und Glaskörper der Linse ihr wirklicher (höchster) Werth beigelegt wird. Das linsenlose Auge vereinigt dann Strahlen, welche, da als Correctionsglas eine Linse von 88 M$^{m\cdot}$ B. W., 9 M$^{m\cdot}$ vor die Cornea gestellt, erfordert wird, sich 88—9, also 79 M$^{m\cdot}$ hinter der brechenden Fläche einigen würden, wenn sie nicht durch die Hornhautbrechung bereits 22·231 M$^{m\cdot}$ hinter ihr zur Sammlung kämen. Um nun den Radius zu finden, welchen die brechende Fläche annehmen muss, um die verlangte Leistung aufzubringen, brauchen wir nur zu bedenken, dass in der Formel

$$\frac{n_2}{\alpha} + \frac{n_1}{a} = \frac{n_2 - n_1}{r}$$

jetzt $\alpha = 22\cdot231$ und $a = -79$ gegeben sind und daher die Gleichung sich herstellt

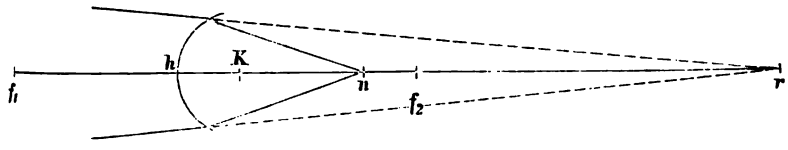
$$\frac{1\cdot3377}{22\cdot231} - \frac{1}{79} = \frac{0\cdot3377}{r},$$

woraus sich ergibt, dass r gleich wird 7·1077 M$^{m\cdot}$. Man müsste daher, falls man an der Länge des schematischen Auges festhält, der Linse aber ihren wirklichen Werth gibt, dem Radius der Hornhaut statt des Werthes von 8 M$^{m\cdot}$ den davon so gewaltig verschiedenen von 7·1 M$^{m\cdot}$ geben.

Endlich haben wir noch anzugeben, welches die Länge des schematischen (emmetropischen) Auges sein müsste, falls bei einem Hornhautradius von 8 M$^{m\cdot}$ die wirkliche Leistung der Linse berücksichtiget wird. Mit Hilfe des corrigirenden Convexglases kommen die parallelen Strahlen thatsächlich auf der Netzhaut zur Vereinigung. Die Leistung

des Auges allein ist dabei (Fig. 52) für den zuletzt angenommenen Fall die, dass es Strahlen auf der Netzhaut in n vereinigt, die sich

Fig. 52.



ohne dessen Intervention 79 M^{m}· hinter der brechenden Fläche in r kreuzen würden. In jenem Abstande von der brechenden Fläche, in welchem dieselbe thatsächlich die genannten Strahlen zur Vereinigung bringt, muss also die Netzhaut liegen, und damit ist die gesuchte Axenlänge des Auges gegeben. Zu unserem Dienste ziehen wir die uns von früher her [1]) befreundete Formel

$$l_1 l_2 = \varphi_1 \varphi_2$$

heran. Wir müssen zunächst die Werthe von φ_1 und φ_2 kennen.

Da der (Eine) Hauptpunkt h im Scheitel der brechenden Fläche liegt, so ist φ_1 gleich dem Abstande des ersten (f_1) und φ_2 gleich dem Abstande des zweiten Brennpunktes (f_2) von eben dieser brechenden Fläche (von h), also $\varphi_1 = f_1 h$ und $\varphi_2 = h f_2$. Für eine einzige brechende Fläche und für $n_1 = 1$, wie dies in unserem Falle gilt, ist

$$\varphi_1 = \frac{r}{n_2 - n_1} \text{ und } \varphi_2 = n_2 \varphi_1.$$

Da ferner $$\varphi_2 = h f_2 = hk + k f_2,$$

hk aber $= r$, und kf_2, der Abstand des (zweiten) Knotenpunktes vom zweiten Brennpunkte = der ersten Hauptbrennweite, so ist

$$\varphi_2 = n_2 \varphi_1 = r + \varphi_1.$$

Im aphakischen Auge ist $n_2 = 1{\cdot}3377$ und r sei 8 M^{m}·, daher

$$\varphi_1 = \frac{8}{0{\cdot}3377},$$

$$\varphi_2 = 1{\cdot}3377\ \varphi_1 = 8 + \varphi_1,$$

mithin $$\varphi_1 = 23{\cdot}6897 \text{ und } \varphi_2 = 31{\cdot}6897.$$

Der Werth von l_1 ist uns gegeben, wenn wir bedenken, dass l_1 den Abstand des Leuchtpunktes r vom ersten Brennpunkte f_1 bedeutet. l_1 ist demnach $= -(rh + f_1 h) = -(79 + 23{\cdot}6897) = -102{\cdot}6897$. Wir erhalten dann aus der Gleichung

$$-l_1 l_2 = \varphi_1 \varphi_2,$$

[1]) Pag. 154.

in welcher alle Werthe bis auf l_2 bekannt sind

$$l_2 = -\frac{\varphi_1 \varphi_2}{l_1} = -7{\cdot}3105.$$

Damit ist uns der gesuchte Ort des Bildes gegeben. Das Bild lie wegen des negativen Werthes von l_2 7·3105 M$^{m\cdot}$ vor dem zweit Brennpunkte in n, mithin 24·3792 M$^{m\cdot}$ hinter der brechenden Fläch Das schematische Auge müsste also caeteris paribus unter Berücksicl tigung des wirklichen Werthes der Linse die Länge hn von 24·37 darf nicht eine solche von 22·231 M$^{m\cdot}$ haben. Es lässt sich jetzt natü lich wiederum berechnen, welcher Grad von Ametropie dem schemat schen Auge zukäme, falls wir seine Axe von 22·231 auf 24·379, al um 2·148 M$^{m\cdot}$ verlängern. In der Formel $l_1 l_2 = \varphi_1 \varphi_2$ ist für das sch matische Auge [1])

$$\varphi_1 \varphi_2 = 295{\cdot}302.$$

l_2 ist in unserem Falle = 2·148, daher l_1 = 137·478 M$^{m\cdot}$, d. h. d leuchtende Punkt, von welchem in einem solchen Auge ein deutlich Bild auf der Netzhaut entworfen wird, muss 137·478 M$^{m\cdot}$ vom erst Brennpunkte, und da der Abstand des ersten Brennpunktes vom erst Knotenpunkte im schematischen Auge 14·858 M$^{m\cdot}$ beträgt, 152·336 M = 5·62 P. Z. vom ersten Knotenpunkte abstehen. Dies bedeutet al nichts Anderes, als dass ein solches Auge mit $M\frac{1}{5{\cdot}62}$ behaftet i Wenn man also im schematischen Auge nichts ändert, nur der Lin den ihr thatsächlich zukommenden Werth beilegt, so erhält das Au eine Axenlänge, durch welche das jetzt giltige schematische, emmetr pische Auge in ein solches mit hochgradiger Myopie $\left(M\frac{1}{5{\cdot}62}\right)$ u gewandelt würde.

Aus all' dem Gesagten geht hervor, dass das schematische Auge seiner gegenwärtigen Construction kaum haltbar ist. Die ersten Grun lagen, auf denen es möglich sein wird, ein dem wirklichen mehr entsp chendes schematisches Auge zu construiren, liefert uns wieder zunäch das aphakische Auge, da wir an demselben, wie dies Donders geth hat, die thatsächlich bei Emmetropie vorkommenden Krümmungsradi der Hornhaut und gleichzeitig die Axenlängen messen könn Allerdings müssen wir bei diesen Berechnungen (abgesehen von der Rüc sichtsnahme auf die wirkliche Brennweite des Correctionsglases u dessen Abstand vom Auge) auch den Umstand in Betracht ziehen, dass

[1]) Siehe pag. 156.

Folge der Operation der Hornhautradius des aphakischen Auges von demjenigen, welchen die Hornhaut vor der Operation hatte (wenigstens bald nach dieser), wesentlich verschieden sein kann. Die Aenderung des Krümmungsradius bringt keinen Fehler in die Berechnung der thatsächlichen Axenlänge, wohl aber in die Beurtheilung der Leistung der Linse des integren Auges. Denn ist der Radius der Cornea nach der Operation kleiner geworden, so ergibt sich eine geringere Hypermetropie, ist er dagegen grösser geworden, so zeigt sich eine höhere Hypermetropie, als sie da wäre, falls die Hornhautkrümmung sich nicht geändert hätte. Würden wir auf diese Aenderung keine Rücksicht nehmen, so würden wir im ersteren Falle den Werth der Linsenwirkung zu gering, im letzteren zu hoch anschlagen. Es ist daher, wenn es angeht, nothwendig, den Radius in der Gesichtslinie vor und nach der Operation zu messen. Es geht dies mit Genauigkeit in jenen Fällen, in welchen das Eine Auge noch hinlänglich sieht, um fixiren zu können, und am cataractösen keine Bewegungsstörung in den äusseren Augenmuskeln (kein Strabismus divergens) sich findet.

Ein Beispiel möge den ganzen Gang der Berechnung und die zu gewinnenden Resultate erläutern: Johann Wurzer, 58 Jahre alt, zeigt am rechten Auge, an welchem nach des Kranken Angabe seit 2 Jahren nur noch quantitative Lichtempfindung besteht, harte reife Cataracta. Kein Strabismus divergens. Das linke Auge ist von Staarbildung vollkommen frei, emmetropisch (die schwächsten Convexgläser werden entschieden verworfen und Cylindergläser verbessern das Sehen nicht merklich), hat Sehschärfe $^{20}/_{30}$, ist presbyopisch. Der Radius in der Gesichtslinie, im horizontalen Meridian gemessen, beträgt am rechten Auge 8·07835 M^m·, hat also, wie wir sehen werden, einen der grössten Werthe, der uns bei unseren Hornhautmessungen untergekommen ist. 14 Tage nach vollführter Graefe'scher Operation zeigt das rechte Auge, mit sehr freiem Pupillargebiete, im Horizont einen Hornhautradius von 7·88775 M^m·. Das Auge wird corrigirt durch Convex 4 (dessen Brennweite = 100 M^m·), 9 M^m· vor die Cornea gestellt. Zur Correction des nun schwach brechenden verticalen Meridians ist die Hinzufügung einer Convexcylinderlinse $^1/_{20}$ nothwendig — ein Umstand, der uns hier nicht weiter interessirt.

Für das aphakische Auge mit dem Radius: 7·88775 ergibt sich

$$\varphi_1 = 23{\cdot}3574,\ \varphi_2 = 31{\cdot}2452,$$

und da $l_1 = -(91 + 23{\cdot}3574) = -114{\cdot}3574$, so ist

$$l_2 = -6{\cdot}3817,$$

demnach die Axenlänge, die wir mit X bezeichnen wollen, also

$$X = 31{\cdot}2452 - 6{\cdot}3817 = 24{\cdot}8635 \text{ M}^{\text{m}}.$$

Damit ist die Axenlänge zweifellos ergründet. Das Auge, das wir in Anbetracht des Verhaltens des linken Auges und in Anbetracht der Correction für emmetropisch halten müssen, hat eine Länge von 24·86 M^{m}.

Da aber der Krümmungsradius der Hornhaut durch die Operation eine bedeutende Aenderung (Abnahme) erlitten hat, so würden wir, falls wir auf dieses Moment nicht achteten, die Wirkung der Linse für zu gering halten. In dem Auge besteht jetzt, da die Strahlen 100 M^{m} hinter dem Glase, 91 M^{m} hinter der Hornhaut und 83·1 M^{m} hinter dem Knotenpunkte zur Vereinigung kommen, c. $H^1/_3$. Die Frage ist, welches Glas wäre das corrigirende, welche Hypermetropie bestände, falls die Hornhaut ihren Radius nicht gewechselt hätte? Die Frage ist zu lösen, da uns die thatsächliche Länge des Auges gegeben ist.

Wäre r nicht in 7·88775 umgeändert worden, sondern 8·07835 gleich geblieben, dann wäre

$$\varphi_1 = 23{\cdot}9217, \quad \varphi_2 = 32.$$

Da nun $X = 24{\cdot}8635$, so ergibt sich für l_2 ohne Rücksicht auf das Minuszeichen: $l_2 = 32 - 24{\cdot}8635 = 7{\cdot}1365$,

mithin $$l_1 = -\frac{\varphi_1 \varphi_2}{l_2} = -107{\cdot}2646.$$

l_1 ist aber der Abstand des negativen Leuchtpunktes vom ersten Brennpunkte. Der Leuchtpunkt läge demnach, falls r ungeändert geblieben wäre, 107·2646 — 23·9217 = 83·3429 M^{m} hinter der brechenden Fläche und 75·2646 M^{m} hinter dem Knotenpunkte. Als corrigirendes, 9 M^{m} vor dem Auge stehendes Glas würde ein solches von 92·3 M^{m} B. W. (ungefähr unser Convex $3^3/_4$) sich ergeben, und die bestehende Hypermetropie wäre nicht $^1/_3$, sondern $\frac{1}{2{\cdot}78}$.

In diesem als Beispiel gewählten Falle zeigte das emmetropische Auge nahezu die grösste Axenlänge, die wir fanden. Ein etwas noch grösserer Werth ergibt sich nur für das rechte Auge des 68jährigen Egger, welches vor und 15 Tage nach der Graefe'schen Operation genau den gleichen Krümmungsradius der Hornhaut im Horizonte zeigt, und zwar einen solchen von 8.04020 M^{m}. Das Auge, das der Anamnese nach emmetropisch war, bekundet sich auch durch das im linsenlosen Zustande nothwendige Correctionsglas als „ehemals“ emmetropisch. Es corrigirt Convex $3^3/_4$ (dessen wirkliche B. W. = 95 M^{m}), 9 M^{m} vor die Cornea gestellt. Aus diesen Daten lässt sich die Axenlänge mit 24·9435 M^{m} berechnen.

Um von der grössten Axenlänge, die wir für ein emmetropisches Auge fanden, zu der kleinsten überzugehen, die uns begegnete, führen wir den Fall des 66jährigen Ragyner an. Nach der ganzen Anamnese haben wir es mit ursprünglicher *E* zu thun. Beide Augen leiden an Cataracta. Das linke Auge hat 27 Tage nach der Operation einen Hornhautradius von 7·21105 M^{m}. Corrigirendes Glas ist Convex 4$^{1}/_{4}$ (dessen wirkliche Brennweite = 106·5 M^{m}), 10 M^{m} vor das Auge gestellt. Daraus ergibt sich eine Axenlänge von 22·3886 M^{m}. Dieses Auge entspricht in seiner Länge nahezu dem schematischen — natürlich, hat doch der Radius ungefähr eine solche Grösse, wie sie im schematischen Auge der Hornhauthalbmesser annehmen müsste, um wenigstens die Länge des Auges zu retten! Das etwas schwächere Correctionsglas in unserem Falle erklärt sich daraus, dass auch hier der Hornhautradius in Folge der Operation kleiner wurde, ein Umstand, der es begreiflich macht, dass für ursprünglich emmetropische Augen auch Convex 4$^{1}/_{2}$ und 4$^{3}/_{4}$ als corrigirend gefunden werden. Unter solchen Umständen wird man die durch die Operation bewirkte Verkleinerung des Hornhautradius feststellen können. Wo aber die stärkeren Gläser, Gläser stärker als $^{1}/_{4}$, zur Correction nöthig sind, da wird man sich zu überzeugen Gelegenheit haben, wie der Radius sich nur wenig oder gar nicht änderte.

Wir können hinzufügen, dass bei der Messung Aphakischer der Radius thatsächlich in allen zwischen den beiden Extremen schwankenden Grössen (von Zehntel zu Zehntel Millimeter betrachtet) gefunden wurde, und dass die Axenlänge, was in Anbetracht der relativ geringen Differenzen in der Brennweite der Correctionsgläser leicht begreiflich ist, entsprechend in den Werthen von 22·4 bis 24·9 M^{m} schwankte.

So viel lässt sich vorläufig mit Bestimmtheit sagen, dass ein schematisches Auge, welches dem aus einer grossen Anzahl von Messungen gezogenen Mittel entsprechen soll: 1. einen wesentlich kleineren Hornhautradius, wie dies schon bekannt ist, 2. eine Linse von wesentlich geringerer Wirkung und 3. eine wesentlich grössere Axenlänge haben muss, als das bisher giltige Listing-Helmholtz'sche Auge. Dem entsprechend wird dann auch eine Aenderung des reducirten Auges eintreten müssen.

Ich möchte zum Schlusse dieser Betrachtungen noch zwei aphakische Augen aufführen, bei welchen eine Verletzung der Hornhaut nicht stattfand, und die in Anbetracht ihres Krümmungshalbmessers und des corrigirenden Glases, ungefähr dem „mittlern" Auge entsprechen dürften. Der 58jährige Jacob Zabl, dessen rechtes Auge Cata-

racta zeigt, wurde vor zwanzig Jahren am linken Auge mittelst Skleronyxis operirt. Die Pupille ist vollkommen frei von Nachstaar. Der Hornhautradius = 7·62285 M^{m}·; corrigirendes Glas Convex 4 (100 M^{m}· B. W.), 10 M^{m}· vor das Auge gestellt. Es ergibt sich die Axenlänge = 24·1409 M^{m}·

Dem 73jährigen Simon Singer prallte bei Waldarbeiten ein Baumzweig gegen das linke Auge. Aeusserlich keine Verletzung am Auge sichtbar. Die Linse ist von der Zonula derart losgerissen, dass sie nur noch an der innern Partie haftet. Mit dem Spiegel sieht man die durchsichtige Linse in ihrer Kapsel an der innern Bulbuswand. Bei Bewegungen des Auges bewegt sich die Linse wie ein Thürflügel in seiner Angel. Das Auge wird corrigirt, wenn man Convex 4 in's Brillengestell einfügt, wobei das Glas wegen des stark vorspringenden Nasenrückens 15 M^{m}· vor dem Auge steht. Der Hornhautradius beträgt 7·58520 M^{m}· Die Axenlänge wird 23·7662 M^{m}· gleich gefunden. Das andere, rechte Auge zeigt $H^{1}/_{60}$, Sehschärfe $^{20}/_{20}$ nahezu, der Cornealradius von dem des linken Auges kaum verschieden, die Messung zeigt den Werth von 7·62285 M^{m}·

Ein schematisches Auge mit einem Radius von 7·6 M^{m}· und einer Axenlänge von 23·8—24·1 M^{m}· dürfte also dem Mittelwerthe entsprechen. Es wird sich dann noch darum handeln, zu bestimmen, ob es angezeigt ist, für die Krümmung der vordern und hintern Linsenfläche, die Dicke der Linse und deren Abstand von der Hornhaut die bisher üblichen Werthe beizubehalten oder nicht. Sind diese bestimmbare Werthe gewonnen, dann ist es möglich, in Berücksichtigung der totalen Linsenwirkung, wie sie eben durch das Verhalten des aphakischen Auges gegeben ist, das totale Brechungsvermögen der Linse zu berechnen. An dieser Stelle mögen die eben gemachten Auseinandersetzungen genügen; es sei nur noch erwähnt, dass Donders bereits aus seinen Untersuchungen bei Aphakie den Schluss gezogen hat, dass das totale Brechungsvermögen der Linse mit $^{16}/_{11}$ zu hoch genommen sei. Uebrigens ist es klar, dass wir vorläufig das bisherige schematische Auge für theoretische Betrachtungen beibehalten können.

Die Diagnose der Aphakie hat in der Regel keine grossen Schwierigkeiten. Das Schlottern der Iris, das Fehlen der Kapselbilder, etwai sichtbare Nachstaarreste, die hochgradige mit Gläsern und Augenspiegel constatirbare Hypermetropie sind die objectiven Erscheinungen. Im diagnostischen Werthe obenan steht das Fehlen des relativ zum vorderen Kapselbilde unvergleichlich leichter sichtbaren hinteren Kapsel-

bildes. Auf die Verwerthung der Kapselbilder genauer einzugehen, ist hier nicht am Platze. Sie können, meine Herren! darüber an einem andern Orte [1]) sich instruiren, und werden dort auch einen Fall erwähnt finden, wo in Einem Auge Chorioiditis vorhanden war und die getrübte Linse in der vordern Kammer lag, während das andere Auge ebenfalls hochgradige Chorioidealveränderungen, ausserdem eine mit dem Augenspiegel constatirbare Hypermetropie, wie bei Aphakie, darbot. Man musste zunächst daran denken, dass die Linse auch in diesem Auge aus dem Pupillargebiete entfernt sei. Das Vorhandensein des Kapselbildes aber bewies, dass die Linse vollkommen durchsichtig in ihrer normalen Lage sich befand.

Der positive Nachweis des hintern Kapselbildes, sowie das Sichtbarmachen der Linsensterne mit Hilfe der seitlichen Beleuchtung, stellen das Vorhandensein der Linse allerdings objectiv fest, aber in manchen Fällen, in denen die Linse an ihrer Stelle ist, gelingt dieser positive Nachweis nicht. Bei sehr enger Pupille, besonders aber bei gleichzeitigen Hornhauttrübungen, und was praktisch von hervorragender Wichtigkeit ist, kurz nach Verletzungen der Hornhaut ist es häufig nicht möglich, den positiven Beweis zu liefern, und andererseits wäre es gefehlt, unter solchen Umständen aus den negativen Symptomen auf das Fehlen der Linse zu schliessen. Bei enger Pupille und Hornhauttrübungen mag ein Tropfen Atropin in zweifelhaften Fällen durch Erweiterung der Pupille die Zweifel lösen. Welche diagnostische Schwierigkeiten sich aber bei Verletzungen entwickeln können, das konnten wir in dem Falle des 23jährigen Schmiedes Johann Porzellaner, den ich Ihnen, meine Herren! nun bei seiner Entlassung wieder vorstelle, zur Zeit seiner Aufnahme demonstriren. Dem Patienten sprang ein schweres Stemmeisen mit Macht gegen das rechte Auge, setzte eine von unten aussen gegen das Hornhautcentrum gehende perforirende Wunde der Hornhaut in der Ausdehnung von 3‴, in welche die Iris vorgefallen war. Unter Anwendung von Atropin und Druckverband war 30 Stunden nach der Verletzung die vordere Kammer hergestellt, die verzogene Pupille erweitert, das Blut aus der Vorderkammer resorbirt. Die erweiterte Pupille erschien ungetrübt. Das Sehvermögen war sehr herabgesetzt, es wurde nur Nr. 19 Jäger in einigen Zollen Abstand gelesen. Es fragte sich zunächst, ob die Linse wirklich vom perforirenden Stahle nicht verletzt wurde, oder ob sie, was nach der Erfahrung

[1]) Ophthalmoscopie, pag. 147–149.

wahrscheinlich war, durch das nicht blos perforirende, sondern auch contundirende Werkzeug — ich erinnere Sie in dieser Hinsicht an den von uns zu anderen Zwecken verwendeten Fall des Simon Singer — luxirt und so aus dem Pupillargebiete entfernt ward. In der That liess sich, trotzdem die Pupille ziemlich erweitert und in ihren oberen Theilen, wo die Hornhauttrübung nicht hinreichte, schwarz war, das hintere Kapselbild absolut nicht darstellen, und ebenso wenig war bei seitlicher Beleuchtung etwas von der Linsenstructur — man bedenke noch dazu das jugendliche Alter des Verletzten — zu erkennen. Der Augenspiegel liess Licht durch die Pupille, so dass Linsentrübung sicher ausgeschlossen war, aber es war trotzdem unmöglich, vom Augengrund etwas zu sehen, und so durch das zum Sehen des Augengrundes nothwendige Correctionsglas die Refraction des Auges zu bestimmen. Die Iris schlotterte allerdings nicht, aber das war kein Wunder, da sie in einer Ausdehnung von 3‴ in die Hornhaut eingeklemmt war. Trotzdem warnte ich Sie, aus diesen negativen Symptomen und aus der hochgradigen Herabsetzung des Sehvermögens (die, wie man per exclusionem nachweisen konnte, ihre Ursache in dem dioptrischen Apparat haben musste) auf Linsenluxation zu schliessen. Die Ursache der negativen Symptome konnte in der nachweisbar sehr unregelmässigen Krümmung (quasi Faltung) der gleichwohl durchsichtigen Hornhaut in der Umgebung der Perforationsstelle liegen. Schon der Umstand, dass man nicht im Stande war, ein reguläres Hornhautbild des Lampenspiegelbildes an den betreffenden Partien zu erzeugen, wies darauf hin. Das Ophthalmometer gab genauere Erscheinungen, die wir in der Lehre der irregulären Astigmatismus kennen lernen werden. Dadurch konnte auch das Zustandekommen des hintern Kapselbildes verhindert, die Darstellung des Augengrundes unmöglich gemacht werden.

Wir mussten zur Constatirung des Sachverhaltes zur subjectiven Prüfung schreiten. Ist die Linse aus dem Pupillargebiete entfernt, so kann, welches auch die Refraction des verletzten Auges im gesunden Zustande gewesen sein mag — es ist übrigens zu constatiren, dass es vom emmetropischen nicht, wenigstens nicht merklich abweicht — durch ein vorgehaltenes Convex 3 die Schrift 19, die auf 6″ gelesen ward, nicht undeutlicher werden, im Gegentheil, sie muss bei originärer Emmetropie, Hypermetropie und Myopie bis $M\,1/6$ (auch noch M höheren Grades) entschieden deutlicher werden. Da aber der Kranke mit einem solchen Glase die Schrift nicht mehr in der gleichen Entfernung lesen, nicht einmal entziffern konnte, so war das so unwahrscheinliche Vorhandensein der ungetrübten Linse erwiesen.

Nun, wo der Kranke mit einem Leucoma adhaerens, durch welches die Pupille sehr wenig verlegt ist, geheilt entlassen wird, lässt sich das hintere Kapselbild sehr schön demonstriren. Aber die Unregelmässigkeit in der Krümmung der durchsichtigen centralen Hornhautpartie ist noch gross genug, um den Augengrund in hohem Grade verzerrt zu zeigen, und (selbst nach Correction des regelmässigen Astigmatismus durch convexcylindrisch 18) die Sehschärfe nicht einmal ganz bis zur Höhe von $^{10}/_{70}$ sich erheben zu lassen.

„Des trockenen Tones satt," habe ich Ihnen, meine Herren! durch Vorführung eines speciellen Falles die Schwierigkeiten, welche die Diagnose der Aphakie haben kann, wie ich glaube, besser erwiesen, als durch eine theoretische Abhandlung.

Was die Sehstörung des nicht corrigirten aphakischen, ursprünglich emmetropischen Auges anlangt, so ist dieselbe begreiflicher Weise eine sehr hochgradige. Es kann auch bei guter Sehschärfe das grosse A (Snellen) nicht auf 10′ erkannt werden. Käme die Linsenlosigkeit als angeborener Zustand vor, dann wäre es möglich, dass solche Aphakische, ebenso wie höchstgradige originäre (typische) Hypermetropen, Zerstreuungskreise „verarbeiten" oder von Zerstreuungskreisen „abstrahiren" lernen — eine Leistung, über die wir bei der richtigen Gelegenheit sprechen werden, und durch welche es derartigen Hypermetropen möglich wird, in sehr grosser Nähe sehr feine Objecte zu sehen, sogar Diamantschrift (Jäger Nr. 1) zu lesen. In der That hat v. Graefe eine Familie gekannt, deren Sprösslinge durch einen fötalen Process ihre Linse einbüssten, so dass sie bei der Geburt nur noch einen von Lücken durchbrochenen Nachstaar zeigten. Bei diesen Individuen hatte v. Graefe Gelegenheit die Beobachtung zu machen, dass sie wirklich wie höchstgradige Hypermetropen anderer Art und in derselben Manier wie diese, natürlich ohne Zuhilfenahme eines Convexglases, lasen und schrieben.

Ueber die Sehschärfe, welche das corrigirte aphakische Auge factisch darbietet, können wir erst dann einige Bemerkungen machen, wenn uns die Lehre vom Astigmatismus etwas geläufiger ist [1]). Hier wollen wir nur noch den Einfluss besprechen, welchen die zur Correction nothwendigen Convexgläser auf die Sehschärfe üben. Sie werden vielleicht erstaunt fragen, wie es komme, dass wir diesen Gegenstand überhaupt noch abzuhandeln haben, da wir doch bereits in der eilften Vorlesung die Gesetze für die Convexgläser entwickelt, daselbst nicht

[1]) S. pag. 786.

blos von dem durch Axenverkürzung, sondern auch von dem durch schwächere Brechkraft des dioptrischen Systems hypermetropisch gewordenen Auge gesprochen und den Satz aufgestellt haben, „dass die Vergrösserungs- und Verkleinerungszahl caeteris paribus bei einer Hypermetropie bestimmten Grades für praktische Zwecke als dieselbe anzusehen sei," gleichgiltig ob die Hypermetropie durch Axenverkürzung oder Refractionsverringerung erzeugt wird. Wir könnten daher als „Verkleinerungszahlen" bei Aphakie die Werthe wählen, welche in der Tabelle IV (pag. 195) für jene Convexgläser, die bei Aphakie zur Sprache kommen, sowohl für den Fall, dass das Glas einen halben, als auch für den, dass es $^3/_4$ Zoll vor dem Knotenpunkte steht, eingetragen sind. Wir könnten wohl — wenn nur das schematische und das reducirte Auge besser dem wirklichen entspräche, und wenn daher das durch Krümmungsänderung des reducirten Auges erzeugte hypermetropische Auge besser mit dem auch nur Eine brechende Fläche darbietenden aphakischen stimmte. Die Conditio: „caeteris paribus" ist eben nicht erfüllt.

Wir können beim aphakischen Auge natürlich auch nur berechnen, wie gross das mit Hilfe des Convexglases in Folge des Vorrückens des zweiten Knotenpunktes erzeugte Bild ist im Vergleiche zu jenem Bilde, das entworfen würde, falls durch das Vorsetzen des Glases der Knotenpunkt nicht vorrückte. Wir können aber nicht berechnen, wie gross das Netzhautbild ist im Vergleiche zu jenem, das vom Auge zur Zeit, da es noch die Linse besass, entworfen wurde, inwieferne also caeteris paribus die Sehschärfe des Auges durch das Vertauschen der in seinem Innern stehenden Linse mit dem vor der Hornhaut stehenden Glase eine Steigerung erfuhr. Wir können dies nicht, weil uns natürlich die Lage des zweiten Knotenpunktes im intacten Auge unbekannt ist. Es geht auch nicht an, den Abstand des zweiten Knotenpunktes von der Netzhaut in dem aus Auge und Linse bestehenden Sammelsystem für ein aphakisches Auge mit einem bestimmten Radius, einer bestimmten Correction, also einer bestimmten Linsenwirkung und einer bestimmten Axenlänge zu berechnen, und zur Eruirung der Vergrösserungszahl diesen Werth mit dem Werthe zu vergleichen, der sich ergibt, wenn man annimmt, dass in dem Auge mit der bedeutend grösseren Axenlänge zur Zeit, da es noch eine Linse besass, die Knotenpunkte in derselben Entfernung hinter der Hornhaut standen, wie im schematischen Auge.

Wir haben z. B. früher über das Auge des 68jährigen Egger gesprochen. In diesem Auge war der Hornhautradius 8 Millimeter wie im

schematischen Auge, und wiewohl der Brechungsindex des Kammerwassers auch dem des schematischen Auges gleich genommen wurde, ergab sich in Anbetracht der factischen Linsenwirkung eine Axenlänge von 24·944, nicht von 22·231 Millimeter, wie sie das schematische Auge hat. Wie soll ich nun berechnen, wie gross das von diesem Auge entworfene Netzhautbild zur Zeit des Linsenbesitzes war? Ich darf, wie begreiflich, nicht annehmen, dass in diesem Auge, welches den gleichen Hornhautradius, wie das schematische hat, die Knotenpunkte an derselben Stelle hinter der Hornhaut, wie im schematischen Auge liegen. Es ist klar, dass ein Auge, dessen Knotenpunkte an derselben Stelle, wie im schematischen Auge liegen, dieselbe Axenlänge wie das schematische haben muss, und nicht eine viel grössere haben kann. Ich für meine Person weiss also nicht, wo in diesem oder einem anderen aphakischen Auge die Knotenpunkte früher lagen; ich kann also auch nicht berechnen, wie das Grössenverhältniss der Netzhautbilder vor und nach der Operation zu einander ist. Berechnen lässt sich, wie gross, wenn wir bei unserem Falle bleiben wollen, das Netzhautbild ist, wenn das Auge durch ein Convexglas von 95 M$^{m.}$ B. W., 9 M$^{m.}$ vor die Hornhaut gestellt, corrigirt wird, und wie gross es wäre, falls das deutliche Bild ohne Vorrückung des Knotenpunktes zu Stande kommen könnte. Durch die Vergleichung dieser beiden Werthe erhalten wir die nach meiner Ansicht überhaupt zu gewinnende Verkleinerungszahl, und ich gestehe ganz offen, dass es mir schwer fallen würde, Demjenigen, welchem der Gegenstand durch die früheren diessbezüglichen Vorlesungen nicht klar geworden ist, denselben durch weitere Erörterungen klar machen zu wollen. Die so gewonnenen Verkleinerungszahlen können uns auch ungefähr als Massstab dienen für die Grössenzunahme des Bildes im Vergleiche zu dem vom linsenbesitzenden Auge entworfenen. Aber berechnen liessen sich diese Werthe nur dann, wenn man zuvor die Lage der Knotenpunkte in solch' einem Auge bestimmen könnte.

Um auf den Fall des Egger zurückzukommen, so berechnet sich der Abstand des zweiten Knotenpunktes von der Netzhaut = der ersten Hauptbrennweite in dem corrigirten Auge durch die Formel:

$$F_1 = \frac{\varphi_1 f}{\varphi_1 + f - d}$$

in welcher speciell $f = 95$, $\varphi_1 = 23{\cdot}81$ und $d = 9$ M$^{m.}$,

daher $F_1 = g_1 = 20{\cdot}60$,

und da $X = 24{\cdot}94$ und $hk = r = 8{\cdot}04$,

so ist $g_2 = 16{\cdot}90$,

mithin $\beta_1 : \beta_2 = g_1 : g_2 = 20{\cdot}60 : 16{\cdot}90,$

also $\beta_1 = 1{\cdot}22\ \beta_2$ und $\beta_2 = 0{\cdot}82\ \beta_1.$

0·82 ist daher für den speciellen Fall die Verkleinerungszahl, mit welcher die mit Correctionsglas gefundene Sehschärfe multiplicirt werden muss, um den Einfluss der durch die Vorrückung des zweiten Knotenpunktes erzeugten Bildvergrösserung zu eliminiren. Des besagten Egger's Sehschärfe belief sich mit Glas auf $^{10}/_{20}$, die reducirte Sehschärfe ist demnach $\frac{8{\cdot}2}{20}$.

Es hat begreiflicher Weise keinen Werth, die Verkleinerungszahlen für das aphakische Auge unter Zugrundelegung eines bestimmten Hornhauthalbmessers zu berechnen, da ja gerade da in jedem speciellen Falle alle Werthe bestimmbar sind, und durch Messung des Radius, der Brennweite des Correctionsglases und des Glasabstandes Jeder, den es interessirt, die wirkliche Verkleinerungszahl finden kann. Was nützt es mir aber, eine selbst richtig berechnete Tabelle für einen Radius von 7·7 oder 8 M^m. zu haben, wenn ich weiss, dass im speciellen Falle der Radius 7·2 M^m. beträgt.

Wer sich die Mühe geben will, kann sich allerdings gerade für Aphakie Tabellen zusammenstellen, die an Genauigkeit Nichts zu wünschen übrig lassen. Man berechne dieselben nämlich für alle Werthe, die dem Radius factisch zukommen, also etwa von 7—8·4 M^m., von 1 Zehntel zu 1 Zehntel Millimeter; für jene Gläser, die factisch in der Regel zur Correction gebraucht werden; und für jene Entfernungen, in welchen diese Gläser factisch vor dem Auge stehen können. Dann wird man die Beruhigung haben, dass „man nicht zu sagen braucht, was man nicht weiss."

Gehen wir von den im dioptrischen System des Auges liegenden Ursachen, durch welche Hypermetropie erworben werden kann, zu jenen über, welche in Aenderung des Abstandes der Netzhaut vom zweiten Knotenpunkte liegen — so ist darüber nur wenig zu sagen. Eine Verkürzung der Augenaxe und dadurch bewirkte Netzhautvorrückung kann durch retrobulbäre Neubildungen und Abscesse veranlasst werden, und es gibt sicherlich solche Fälle, in denen nicht blos mit dem Spiegel, sondern auch, weil die Sehschärfe sich erhalten hat, durch Gläser die Hypermetropie constatirt werden kann. Ebenso halte ich es für sicher, dass in den Augen, in welchen bei ursprünglicher Emmetropie im hohen Alter höhergradige Hypermetropie sich zeigt, diese letztere, da die Linsenveränderungen zu deren Erklärung nicht ausreichen, durch Schrumpfung, Verkleinerung des ganzen Auges, also auch der Längs-

axe bedingt ist. Ist es doch wahrlich nicht zu wundern, wenn in diesem Alter das Auge eine ähnliche Reduction erfährt, wie vielleicht alle übrigen Organe des Körpers.

Bei ungeänderter Axenlänge kann Hypermetropie erzeugt werden, indem die macula lutea durch retroretinale feste Exsudate, Neubildungen, Extravasate vorgedrängt wird. Dabei kommt es noch bei geringen Vordrängungen, wie v. Jäger angibt, wiederholt vor, dass die betreffende Partie ihre Functionsfähigkeit mehr oder weniger bewahrt hat. Dann kommt es nach v. Jäger „zu sehr auffallenden und charakteristischen Veränderungen im Bilde des betrachteten Gegenstandes.“ In Folge dessen „erscheinen dem Patienten an der betreffenden Stelle seines Sehfeldes die Gegenstände bedeutend kleiner und ferner gerückt als in dem übrigen Sehfelde u. s. w.“ Endlich könnte auch bei gewöhnlicher Netzhautablösung an der Stelle des gelben Fleckes in äussersten Ausnahmsfällen die abgehobene Partie für kurze Zeit ihre Function beibehalten und auf diese Weise z. B. hochgradige Myopie in subjectiv constatirbare Emmetropie oder Hypermetropie momentan umgewandelt werden. Donders erzählt von einem 15jährigen Mädchen mit $M\ ^1/_{21/4}$, welches „plötzlich jubelnd ausrief, dass es die Personen auf der andern Seite der Strasse vom Fenster aus sehe, ja sie sogar erkenne.“ Nach drei Tagen war das Auge vollständig erblindet. Die abgelöste centrale Netzhautpartie war übrigens in diesem Falle nicht ganz bis zum hintern Brennpunkte des Auges vorgerückt, es bestand also noch geringe Myopie.

Die erworbene Myopie

kann, wie wir schon erwähnten, in Aenderungen des dioptrischen Systems oder in Axenänderung des Auges ihren Grund haben.

Eine Krümmungsänderung der Hornhaut, d. h. eine Abnahme ihres Radius wird vor Allem Myopie zu erzeugen im Stande sein. Es gibt in der That einen krankhaften Process in der Cornea, der zuvörderst mit der Krümmungszunahme derselben beginnt — es ist dies bekanntlich der Keratoconus. Wenn wir uns hier nur mit der Aenderung der Hornhautkrümmung in der Gesichtslinie befassen wollen, und die Besprechung der Form, welche die Hornhaut überhaupt bei Keratoconus annimmt, einer spätern Zeit vorbehalten, so sei erwähnt, dass ich in drei Fällen von Keratoconus den Radius in der Gesichtslinie mit 5·9, 5·4 und 5·1 M^m. vorfand. Es scheint dies vielleicht keine sehr bedeutende Abnahme im Vergleiche zu der Normalgrösse des Radius von 7—8 M^m., aber wir wollen gleich sehen, welchen Einfluss eine der-

artige Aenderung des Radius auf ein ursprünglich emmetropisches Au hätte. Für solche Berechnungen lassen sich begreiflicher Weise die Co stanten des schematischen Auges nicht brauchen, dagegen werden v mit Nutzen die bei Aphakie gewonnenen Resultate verwenden. We eine Cornea im Momente einen Radius von 5 M^{m}· darbietet, so könn wir natürlich nicht wissen. welchen sie vor der Erkrankung hatte. Ein Anhaltspunkt gewinnen wir nur, wenn die Krankheit einseitig ist. dem Falle z. B., da in der Gesichtslinie ein Radius von 5·1 M^{m}· s darbot, war der Radius in der Gesichtslinie des zweiten normalen Au 7·8 M^{m}·, und da die Abweichungen der Hornhautradien beider Au im Allgemeinen nicht bedeutend sind, so läge für dieses Auge spec eine gut begründete Annahme für die Grösse des Radius vor der Ho hauterkrankung vor. Wir wollen aber die Frage allgemeiner fassen u sehen, welche Myopie zu Stande kommt, falls wir für die ursprün liche Grösse des Radius die beiden so ziemlich extremen Werthe v 8 und 7 M^{m}· setzen, und der Radius seine Grösse auf 5 M^{m}· verm dert. Für ein emmetropisches Auge, dessen Radius 8 M^{m}· beträgt, fa den wir unter Zugrundelegung der factischen (grössten) Linsenwirku eine Länge von 24·379 M^{m}· Um nun zu eruiren, welche Refraction d Auge annimmt, falls der Hornhautradius, ohne dass der Hornhautsch tel seinen Ort verlässt, sich auf 5 M^{m}· verringert, denken wir uns z nächst die Linse aus dem Auge weg.

Wir fragen, welche Refraction kommt einem aphakischen Au zu, welches einen Radius von 5 M^{m}· und eine Länge von 24·379 M hat? In der Formel

$$\frac{n_2}{\alpha} + \frac{n_1}{a} = \frac{n_2 - n_1}{r}$$

sind die Werthe von α und r bekannt, und a, die Entfernung jen Leuchtpunktes von der brechenden Fläche mit einem Radius von 5 M wird gesucht, dessen Bild 24·379 M^{m}· hinter der brechenden Fläc liegt. Der Werth von a, welcher für den Fall, dass $r = 8$, negativ i ergibt sich während der Rechnung für $r = 5$ als positiv. Wir könn daher schreiben:

$$\frac{1 \cdot 3377}{24 \cdot 379} + \frac{1}{a} = \frac{0 \cdot 3377}{5}$$

und daraus $a = 78 \cdot 93$ M^{m}· Wenn also für $r = 8$ M^{m}·, der Fernpunkt aphakischen Auge 79 M^{m}· hinter der brechenden Fläche liegt, ist wenn $r = 5$ M^{m}· wird, 79 M^{m}· vor der brechenden Fläche gelegen. I die Myopie vom ersten Knotenpunkte gerechnet wird, der einige Mil meter hinter der brechenden Fläche gelegen ist, so bietet das Aug

wenn wir von der Leistung der Linse absehen, jetzt mindestens $M - \frac{1}{3}$

dar. Rechnen wir jetzt den Werth der Linse $= \frac{1}{2 \cdot 6}$ hinzu, so erhalten wir für das Auge eine Myopie von $\frac{1}{3 \cdot 1} + \frac{1}{2 \cdot 6}$, also $M \frac{1}{1 \cdot 41}$. Wenn demnach in einem emmetropischen Auge, dessen Hornhautradius 8 M$^{m.}$ beträgt, und dessen Linse von solcher Leistungsfähigkeit angenommen wird, dass durch ihre Entfernung $H \frac{1}{2 \cdot 6}$ gesetzt würde, der Hornhautradius bei unveränderter Axenlänge den Werth von 5 M$^{m.}$ annimmt, so wird das emmetropische Auge in ein solches mit $M \frac{1}{1 \cdot 41}$, also in ein solches mit einem Fernpunktsabstande von 17 Linien umgewandelt.

Die Myopie, die entsteht, ist so excessiv, und es haben hierbei Fernpunktsdifferenzen von 1 Linie so bedeutende Werthe, dass wenn wir den ursprünglichen Hornhautradius statt mit 8 M$^{m.}$ mit 7 M$^{m.}$ (an und für sich sehr stark differirende Werthe!) annehmen, wir doch, wenn r sich in 5 M$^{m.}$ umwandelt, noch immer eine höhere Myopie als $^1/_2$ bekommen. Für $r = 7$ M$^{m.}$ beträgt caeteris paribus die Axenlänge des emmetropischen Auges 21·965 M$^{m.}$ Die frühere Gleichung geht also über in

$$\frac{1 \cdot 3377}{21 \cdot 965} + \frac{1}{a} = \frac{0 \cdot 3377}{5}$$

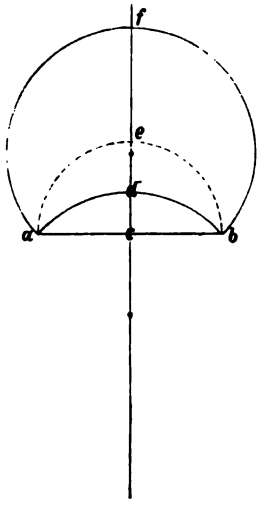
und daraus $a = 150 \cdot 63$ M$^{m.}$ Die Myopie ohne Rücksicht auf die Linsenwirkung ist mindestens $\frac{1}{5 \cdot 7}$, die Myopie des linsenbesitzenden Auges $= \frac{1}{5 \cdot 7} + \frac{1}{2 \cdot 6} = \frac{1}{1 \cdot 77}$, der Fernpunkt liegt in $21^1/_4$'''.

Wenn also bei Keratoconus die Hornhaut keinen kleineren Radius als einen solchen von 5 M$^{m.}$ annehmen würde, so würde dadurch allein, welchen von den factisch vorkommenden Werthen auch immer der Radius der Hornhaut ursprünglich hatte, eine Myopie grösser als $^1/_2$ erzeugt.

Es wird auch noch eine andere Art der Hornhautvorwölbung unter dem Namen des Keratoglobus oder der Keratectasia ex panno beschrieben, bei welcher jedoch die pannös getrübte, vorgewölbte Hornhaut sehr selten nachträglich wieder so durchsichtig werden dürfte, dass die durch die Hornhautveränderung gesetzte Refractionsanomalie auch objectiv und subjectiv constatirt werden könnte. Wir meinen hierbei nur den auf die Hornhaut allein beschränkten Process, nicht jene Ausdehnung und Vorwölbung der Cornea, wie sie als Theilerscheinung des sogenannten Buphthalmus auftritt, dessen hochgradige Myopie eine andere Ursache

haben kann. Von theoretischer Seite muss bedacht werden, dass wenn wir die Hornhaut (Fig. 53) als ein Kugelsegment, deren Durchschnitt also als einen über einer Sehne *ab* stehenden Kreisbogen *adb* ansehen, die Vorwölbung der Hornhaut, falls die Kugelgestalt erhalten werden soll und die Hornhautbasis, resp. deren Durchschnitt *ab* sich in der Grösse nicht ändert, zunächst immer mit einer Abnahme des Radius einhergehen muss. Der Radius der Hornhaut nimmt so lange ab, bis *ab* zum Durchmesser des Kreises geworden, hat also in der Grösse $ce = ac$ seinen kleinsten Werth. Nehmen wir die Hornhautsehne $ab = 12$ M^{m}· und $r = 8$ M^{m}·, so wird der Radius der Hornhaut so lange abnehmen, bis er den Werth von 6 M^{m}· annimmt d. h. bis der Scheitel *e* der Cornea 6 M^{m}· von der Basis absteht, also bis derselbe, da *cd* in unserem Fall $= 2{\cdot}7$ M^{m}·, um $3{\cdot}3$ M^{m}· vorgerückt ist. Bei einem weiteren Fortschreiten der kugeligen Ausdehnung erfolgt wieder eine Zunahme der Grösse des Halbmessers, der endlich wieder die ursprüngliche Grösse dann erreicht, bis der Bogen *afb* das Supplement des Bogens *adb*, $cd + cf = 2r =$ dem Durchmesser jenes Kreises wird, dem der Bogen *adb* angehört. *cf* ist dann $= 2r - cd = 16 - 2{\cdot}7 = 13{\cdot}3$ M^{m}· und $fd = 13{\cdot}3 - 2{\cdot}7 = 10{\cdot}6$ M^{m}·. Ist also der Scheitel der Hornhaut um $10{\cdot}6$ M^{m}· vorgerückt, dann hat die Hornhaut dieselbe Krümmung wie vor Beginn ihrer Ausdehnung. Erst bei noch weiterem Fortschreiten der kugeligen Ausdehnung wird der Radius grösser als er ursprünglich war und um so grösser, die Hornhaut also um so flacher, je weiter der Process sich entwickelt.

Fig. 53.



Dem Gesagten zufolge wird demnach der Keratoglobus zunächst mit stärkerer Krümmung der Hornhaut einhergehen. Das erreichbare Krümmungsmaximum ist in der Abnahme des Radius von 8 auf 6 M^{m}· gegeben. Der Keratoglobus wird daher, ganz abgesehen von der gesetzten Verlängerung der Augenaxe, zunächst Myopie erzeugen müssen.

Eine practische Bedeutung kommt jedoch dieser Myopie nicht zu. v. Graefe führt an, dass er sich „während des Verlaufes pannöser Keratitis, wenn das Sehvermögen einigermassen erhalten war, oft vom kurzsichtigen Bau überzeugen konnte“ dadurch, dass Finger mit Hilfe von Concavgläsern auf eine grössere Distanz erkannt wurden als ohne

dieselben; und ebenso konnte er „mit vorschreitender Verdichtung der Exsudate auch die Abnahme des myopischen Baues zuweilen deutlich constatiren". Auch berichtet er von einem Falle, in welchem nach Trachom die kugelig vorgewölbte Hornhaut nur mit feinen Trübungen besetzt war, aber nur Schrift Nr. 20 Jaeger gelesen wurde, Concavbrillen wenig leisteten. Ueber das Augenspiegelbild und die Augenspiegel-Refraction dieses letzteren Falles ist nichts angegeben. Für mich selbst ist der isolirte, erworbene, durchsichtige Keratoglobus eine terra incognita, und so dürfte es auch Manchen ergehen, die viel Schönes darüber zu schreiben wussten.

Es ist hier vielleicht zu erwähnen am Platze, dass Schiess-Gemuseus (1870) in einem Falle von „sclerosirender Keratitis, Iritis, Episcleritis" eine M $^1/_7$ (welche übrigens im Verlaufe der Krankheit auf $^1/_9$ sank) später, 7 Monate nach der ersten Vorstellung der Kranken, auf $^1/_3$ gestiegen fand. Als nach weiteren $7^1/_2$ Monaten „über die ganze Hornhaut noch einzelne wolkige Trübungen verbreitet" waren, war $M = {}^1/_{1^1/_4}$. Schiess macht keine Erwähnung, ob diese Steigerung der Myopie durch Convexitätsvermehrung der Hornhaut oder fortschreitende Verlängerung des Bulbus oder durch Accommodationskrampf zu erklären sei.

Aehnlich wie mit dem Keratoglobus verhält es sich mit jener Myopie, welche entstehen müsste, falls das nach Heilung centraler Hornhautgeschwüre gebildete Narbengewebe eine stärkere Convexität nach vorne zeigte, dabei die betreffende Partie hinlänglich durchsichtig und hinlänglich regelmässig gekrümmt wäre, um den optischen Fehler nachweisen zu lassen. Aber wenn ich auch Gelegenheit hatte, durch Hornhautabflachung in Folge von Geschwürsbildung entstandene corrigirbare Hypermetropie zu beobachten, so ist mir anderseits die analoge Constatirung von Myopie, erzeugt durch Hornhautvorwölbung nach Geschwürsbildung, bisher versagt geblieben.

Zunahme der Krümmung der Linsenflächen ohne Ortsveränderung der Linse in toto wird begreiflicherweise gleichfalls Myopie erzeugen müssen. Im Momente, als das Auge accommodirt, ist es ja myopisch und der ganze Accommodationsvorgang ist durch eine willkürlich zu erzeugende, nach den Objectsabständen variirende Myopie charakterisirt. Kommt es vor, dass der Accommodationsmuskel sich contrahirt, ohne dass er aber auf Commando des Willens seine Contraction wieder aufgibt, dann kann auf diese Art ein emmetropisches Auge in ein myopisches für eine bestimmte Zeit oder vielleicht auch auf die Dauer umgewandelt werden. Die Myopie, die durch Accomodationskrampf

erworben werden kann, lassen wir aber hier zunächst bei Seite. Die Umwandlung des Auges in ein emmetropisches kann ja wieder dadurch herbeigeführt werden, dass der Muskelkrampf aufhört und damit die Linse wieder ihre normalen Krümmungsflächen erhält. Doch wird uns Folgendes einleuchtend. Da wir die Accommodation ausschliesslich von der Linse abhängig machen, die Veränderungen dieses Organs beim Accommodationsacte also eine jede überhaupt vorkommende noch so grosse Accommodationsbreite, mithin auch eine solche = $^1/_3$, erklären müssen; da ferner der ganze Act nicht in einer activen Muskelwirkung auf die Linse selbst, sondern darauf beruht, dass durch die Entspannung der Zonula Zinnii die weiche Linse in sich selbst zusammenfallen kann; da endlich die dabei auftretenden Veränderungen in der Linse (in specie das Convexerwerden und Vorrücken der vorderen Fläche) so wenig in die Augen springend sind, dass es ja erst der neueren Zeit und besonderen Hilfsmitteln vorbehalten war, diese Veränderungen zu constatiren, so folgt, dass, wenn die Zonula Zinnii zum grösseren Theile zerstört, die Linsenform also von der Spannung des Aufhängebandes unabhängig wird, die Linse ebenso in sich zusammenfallen muss wie beim Accommodationsacte, und daher durch die sogenannte Linsenluxation, auch wenn die Linse in toto ihren Ort nicht auffallend ändert, ein emmetropisches Auge in ein myopisches umgewandelt werden muss, dessen Myopie ungefähr der Accommodationsbreite entspricht, welche dem Auge seinem Alter nach zukommt. Würde sich durch die Beobachtung in dieser Hinsicht eine grelle Differenz nachweisen lassen, würde die durch Linsenluxation entstehende Myopie auffallend geringer als die entsprechende Accommodationsbreite sein, dann wäre klar erwiesen, dass die Anschauung über den Accommodationsact, welcher wir huldigen, eine unrichtige sei, dass die Wirkung des Ciliarmuskels nicht bloss in einer Relaxation der Zonula, sondern in einem activen Drucke auf die peripheren, also einer activen Vorwölbung der centralen Linsentheile beruhen müsste. Ueber die Refraction von Augen mit Linsenluxation finden sich mitunter gar sonderbare Angaben. Es fehlt sogar nicht an solchen, denen zufolge bei totaler Luxation und Vorrückung der Linse starke Convexgläser — wohlgemerkt, ohne dass ein linsenfreier Raum in der Pupille gewesen wäre — das Sehvermögen für die Ferne verbesserten. Ich für meine Person kann nur in Uebereinstimmung mit einzelnen anderen, gleich später zu erwähnenden Augenärzten sagen, dass meine Beobachtungen bei Luxation der Linse mit der acceptirten Accommodationstheorie in sehr gutem Einklange stehen. Ich will in dieser Beziehung den letzten Fall, der

mir im Jahre 1870 vorkam, etwas näher mittheilen. Ein 9jähriges Mädchen trug in der Vorderkammer des rechten Auges die getrübte, in ihren Durchmessern verkleinerte Linse in der Art, dass die Linse hoch oben in der Vorderkammer sass und mit der Hinterfläche der Hornhaut verwachsen war. Nach Extraction der Linse und nachfolgender Iridectomie nach unten ergab sich Convex 4, $^1/_2$″ vor *K*, als corrigirendes Glas, woraus auf den emmetropischen Bau des Auges geschlossen werden kann. Im linken Auge, das keinen nachweisbaren Langbau hat, ist die Cornea normal. Die Iris in ihrem oberen Abschnitte etwas vorgedrängt, in der unteren Hälfte zurückgerückt und schlotternd. Die Pupille schwarz, um ein Geringes nach oben verschoben. Der Augenspiegel zeigt die brechenden Medien rein, hochgradige Myopie (ohne Conus) und bedeutenden irregulären Astigmatismus. Das Auge hat, mit Gläsern geprüft, *M* $^1/_{3^1/_2}$. Mit — $^1/_3$ ist *S* $^{10}/_{50}$ (nahezu). Nr. 1 Jäger wird auf 3″ Abstand gelesen. Nach Atropineinträufelung erweitert sich die Pupille bedeutend (wenn auch nicht maximal), aber trotzdem wird der untere Rand der offenbar etwas nach oben luxirten Linse nicht sichtbar. Die Zonula Zinnii ist in ihrer unteren Hälfte zerstört. Die noch bestehende Anheftung kann die Linse nicht hindern, ihren Elasticitätsverhältnissen nachzugeben.

Durch Zerstörung der Zonula kann also ein der Weichheit der Linse und der Elasticität ihrer Fasern entsprechender Grad von Myopie erworben werden, ein Ausspruch, der auch mit den neueren Beobachtungen von Dufour, Noyes und Manfredi gut harmonirt. Noch sei erwähnt, dass Schröter (1872) zwei hierher gehörige Fälle beschreibt, in welchen jedoch die Zonula Zinnii intact, und nur in ihrem ganzen Umkreise gleichmässig erschlafft und verbreitert gewesen sein soll.

Myopie müsste ferner entstehen, falls im Auge keine andere Aenderung vorginge, als dass die Linse vorrückte. Das dioptrische System der Hornhaut und Linse würde mit Abnahme des gegenseitigen Abstandes das Licht stärker brechen. Unter uns hier interessirenden Verhältnissen kommt es zur Linsenvorrückung nur bei Linsenluxation. Die ganz frei gewordene Linse kann dann auch in die vordere Kammer fallen, der Hornhaut sich anlegen. Die in Folge der Krümmungszunahme der Linsenflächen erzeugte Myopie muss hierdurch thatsächlich noch gesteigert werden.

Da von einer Zunahme des Brechungsindex des Kammerwassers oder des totalen Brechungsvermögens der Linse ebensowenig wie von einer Abnahme der Brechkraft des Glaskörpers etwas Zuverlässiges bekannt ist, und es auch problematisch bleibt, ob die Zunahme des

Brechungsindex des Linsenkernes, welche den senilen Kernstaar einleitet, zu nachweisbarer Myopie führt, so wenden wir uns vom dioptrischen System des Auges ab und dem zweiten Hauptmomente, durch welches Myopie erzeugt werden kann, nämlich der Verlängerung der Augenaxe zu. Von der typischen Myopie doch jetzt nicht handelnd, müssen wir zunächst hervorheben, dass die Augenaxe dadurch verlängert werden könne, dass der vordere Pol des Auges vor-, oder der hintere Pol zurückrückt, oder dass auch beides stattfindet. Bei Keratoconus, bei Keratoglobus, bei Ausdehnungen der Sclerotica im vordersten Abschnitte rückt der vordere Augenpol vor, d. h. mit der Zunahme der Axenlänge geht eine Zunahme des Abstands zwischen Hornhaut und Linse einher, während derselbe ungeändert bleibt, wenn in Folge der Ectasie des hintern Augapfelabschnittes der hintere Pol zurückweicht. Für die Refraction des Auges ist es durchaus nicht gleichgiltig, in welcher Art eine bestimmte Verlängerung zu Stande kommt. Wenn bei Keratoconus der Hornhautscheitel z. B. um 2‴ vorrückt, so ist die Myopie geringer, als wenn bei gleichem Radius der Hornhaut, der hintere Pol um 2‴ zurück gerückt wäre. Es beruht dies eben darauf, dass mit zunehmendem Abstande zwischen Cornea und Linse die optische Wirkung des Systems abnimmt. Diese abnehmende Wirkung des optischen Systems wird übrigens durch die gleichzeitige Verlängerung der Augenaxe immer übercorrigirt, so dass durch einfache Vorrückung des Hornhautscheitels ohne Aenderung seines Radius immer Myopie erzeugt würde und daher auch bei Keratoconus (u. s. w.) die Myopie durch das Vorrücken des Hornhautscheitels gesteigert wird.

Die Ectasien der Hornhaut sind besprochen. Die Frage geht demnach nur dahin, ob Myopie in atypischer Weise sich durch Zurückweichen des hinteren Augenpols entwickeln kann. Diese Frage ist entschieden zu bejahen. Es entwickelt sich dabei die Myopie ohne eine nachweisbare Erkrankung des Auges, oder es bietet das Auge gleichzeitig schwere Chorioidealveränderungen dar, die entweder spontan oder nach einer Verletzung sich ausbildeten.

In die erste Kategorie gehört jene Myopie, die sich bisweilen unzweifelhaft bei älteren Leuten entwickelt, die ich aber immer nur geringe Grade erreichen sah. Der letzte hierher zu rechnende Fall, den ich beobachtete, ist der des 46jährigen Josef Dietrich, der sich am 11. December 1872 mit den Klagen der Asthenopie (Augen-Ermüdung) vorstellte und dabei angab, dass seine asthenopischen Beschwerden vor vier Jahren nach einer Augenentzündung (?) begonnen hätten und dass er auch seit dieser Zeit sehr schlecht in die Ferne sehe, während er

früher immer gut in die Ferne gesehen hätte. Das eigenthümliche Bild der Asthenopie, das sich da vor unseren Augen entwickelte, werden wir seiner Zeit besprechen. Hier sei nur erwähnt, dass Patient, der in der Nähe ohne Glas Nr. 1 Jaeger auf 12 und auch noch auf 8" lesen konnte, aus der Entfernung von 20' wirklich nur den Buchstaben *C C* (200) von Snellen undeutlich zu erkennen im Stande war. Der Augenspiegel zeigte beiderseits geringe Myopie, im linken Auge eine kleine atrophische Sichel der Chorioidea an der äusseren Seite des Sehnerven, die im rechten Auge mangelte. Mit — $^1/_{30}$ stieg die Sehschärfe im rechten Auge, mit — $^1/_{24}$ am linken Auge von $^{20}/_{200}$ auf $^{20}/_{30}$. Der Hornhautradius in der Gesichtslinie rechts 7·55, links 7·66 M^m., also im Auge mit geringerer Myopie etwas kleiner.

Man könnte vielleicht einwenden, dass Patient immer diesen geringen Grad von Myopie hatte, dass er niemals scharf in die Ferne sah. Aber abgesehen davon, dass sich im speciellen Falle das gute Sehvermögen für die Ferne in früherer Zeit nachweisen liess, so würde es eines solches Nachweises gar nicht bedurft haben. Denn das bewundernswürdige Unvermögen, auch von ganz geringen Zerstreuungskreisen zu abstrahiren, spricht mit lauter Stimme aus, dass diese Augen nicht gewohnt waren, mit undeutlichen Netzhautbildern zu sehen. Augen mit *M* $^1/_{30}$ und normaler Sehschärfe können, wenn die Pupille nicht ungewöhnlich weit ist, die Buchstaben *XXX* noch bei der Entfernung von 20' nennen (siehe pag. 152) und in unserem Fall konnten trotzdem die Sehschärfe normal und die Pupille dem Alter entsprechend enger war, als die jugendlicher Myopen, die Buchstaben Nr. *C* (100) nicht einmal errathen werden.

Relativ häufiger als diese überaus seltenen Fälle, bei denen im späteren Alter offenbar durch Axenverlängerung Myopie sich entwickelt, sind jene, in welchen es in Folge einer schweren Chorioiditis zu Myopie, selbst hohen und höchsten Grades, kommt. Für die Angaben solcher Kranken, dass sie in früherer Zeit ganz gut in die Ferne gesehen haben, spricht der Umstand, dass in diesen Augen die der Myopie eigenthümliche sichelförmige Aderhaut-Atrophie am Sehnervenrande fehlt. Es handelt sich entweder um disseminirte Herde, welche einen grossen Theil des Augengrundes bedecken, oder um Veränderungen, die sich ziemlich auf den hintern Pol des Auges, die Macula lutea und ihre Umgebung, beschränken. Wenn in schon ursprünglich myopischen Augen eine bedeutende Steigerung der Myopie durch derartige Processe — wahre Sclerotico-chorioiditides posteriores — zu Stande kommt, so ist auch das (wenn gleich nicht untrügliche und nicht immer vor-

handene) Wahrzeichen der Myopie, so ist eben jene circumscripte Atrophie der Chorioidea am Sehnervenrande im stark alienirten Augengrunde noch erkennbar oder vielmehr, wo man sie sieht, mag man vorbestehende Myopie annehmen, die durch den entzündlichen Erweichungsprocess des hinteren Bulbussegmentes nur gesteigert wurde. Eine besondere dieser Myopieformen ist jene, die nach heftigen Verletzungen, Einwirkung stumpfer Gewalten auf das Auge mit nachfolgender heftiger Entzündung sich entwickelt. Erst vor kurzer Zeit stellte sich mir ein Locomotivführer vor, dessen rechtes Auge, durch einen stumpfen Maschinenhebel verletzt, eine langwierige heftige Entzündung durchgemacht hatte, jetzt aber von Entzündung vollkommen frei war und äusserlich an Sclerotica, Cornea und Iris nichts Abnormes darbot. Der Spiegel liess die brechenden Medien vollkommen rein erscheinen, aber das Auge zeigte hochgradige Myopie und im hintern Abschnitte eine grosse Anzahl weissgelblicher rundlicher Herde in der Chorioidea, um den Sehnerven herum keine Chorioidealatrophie. Das Auge, das nur quantitative Lichtempfindung hat, war früher der alleinige Führer selbst in dunkler Nacht gewesen, wenn, wie dies, wie der Kranke sagte, so häufig bald dem einen, bald dem andern Auge passirt, das linke (gesunde, emmetropische) Auge durch einen eingeflogenen Kohlensplitter momentan ausser Function gesetzt war.

Kugel beschreibt (1870) unter dem Namen der acuten Myopie ähnliche Fälle, die er zweimal nach Kopfverletzungen beobachtete, ferner solche, wo bei Chorioiditis (z. B. Chor. syphilitica) sich Myopie geringen Grades entwickelte. Er will ferner in die gleiche Kategorie jene Myopien einreihen, die er bei Kindern „nach acuter oder chronischer Meningitis“ vorfand, endlich zwei Fälle hierher rechnen, in denen nach acutem Trachom, ohne dass die Cornea irgendwie gelitten hatte, hochgradige Myopie sich bei der Spiegeluntersuchung darbot. Traumatische Ectasien der Sclera und Chorioidea nach „starken Stössen“ auf das Auge hat auch Coccius beobachtet. Ueber zwei solche Fälle von Coccius, in denen der Bulbus durch den Anprall einer Bleikugel verletzt worden war, und in denen die Ectasie „durch die erhöhte Refraction“ der betreffenden Stelle diagnosticirt wurde, berichtet Schrag (1870).

Zum Schlusse eine Bemerkung über die Refraction des buphthalmischen Auges. Bei Buphthalmus besteht häufig hochgradige Myopie, welche durch die Verlängerung der Augenaxe nach vorne und nach rückwärts bedingt wird. Da die Basis des Hornhautsegments nicht wie beim einfachen Keratoglobus ungeändert bleibt, sondern wegen der Aus-

dehnung des Auges nach allen Richtungen sich vergrössert, so braucht die Hornhaut bei beginnender kugeliger Vorwölbung nicht eine stärkere Krümmung anzunehmen, sie kann sofort flacher werden und wird es um so mehr, je grösser ihre Basis wird. Desshalb ist es sehr gut verständlich, dass der Hornhautradius so gross werden kann, dass trotz der Axenverlängerung das Auge gar nicht, oder nur in geringem Grade myopisch wird. Solches wird auch von anderer Seite als die Regel angegeben. Ich fand es im Gegentheile als den seltenern und die hochgradige Myopie als den häufigeren Befund.

Vierzehnte Vorlesung.

Der Einfluss der Accommodation auf die Erscheinung der Myopie und Hypermetropie. Die Mittel, um den wahren Brechzustand des Auges zu erkennen.

Indem wir, meine Herren! zu den typischen Formen der Hypermetropie und Myopie, d. h. den als solchen oder in ihrer Anlage angeborenen Ametropien übergehen, wollen wir uns vorläufig nicht darum bekümmern, in welcher Art sie zuerst in die Erscheinung treten, wie sie fortschreiten und sich entwickeln, auch interessirt es uns im Momente nicht einmal, auf welcher anatomischen Grundlage sie ruhen. Das was wir zunächst zu erörtern haben, ist, inwiefern der Baufehler durch das gleichzeitige Spiel des Accommodationsmuskels in optischer Hinsicht geändert, inwiefern die Ametropie durch die Accommodation beeinflusst wird und daher ohne Berücksichtigung der accommodativen Momente unrichtig beurtheilt würde.

Nehmen wir an, es könnte die Linse aus ihrem Ruhezustande nicht bloss durch Muskelkräfte, welche die Abspannung der Zonula herbeiführen, convexer gemacht, sondern es könnte das Aufhängeband durch Contraction anderer Muskelfasern auch stärker angespannt, die Linse also in Folge eines activen Muskelvorganges abgeflacht werden, nehmen wir also an, das Auge besässe nicht blos eine positive, sondern auch eine negative Accommodation, dann würde begreiflicher Weise durch negative Accommodation bestehende Hypermetropie scheinbar vergrössert, bestehende Myopie dagegen verringert, während durch den positiven Accommodationsact die Hypermetropie in einem geringeren, als dem wirklichen, die Myopie dagegen in einem höheren Grade in die Erscheinung träte.

Wir haben hier absichtlich die negative Accommodation wieder erwähnt, um nochmals darauf hinzuweisen, dass sie nicht anzuerkennen ist, dass wir, da uns ein Muskelapparat, der durch die Contraction seiner Fasern die Linse abflachen könnte, unbekannt ist, auch nicht zugeben können, dass selbst unter ungewöhnlichen Verhältnissen, unter dem Einflusse specifisch wirkender Mittel eine niedrigere Refraction, als dem Auge factisch zukommt, hervortreten könnte, wir wollen mit einem Worte sagen, dass jene Refraction, welche das Auge nach energischer Atropininstillation darbietet, niemals niedriger als die wirkliche sein kann. Der Accommodationsapparat kann also die beiden Formen der Ametropie nur dahin beeinflussen, dass der Werth der Hypermetropie verringert, jener der Myopie erhöht erscheint. Nicht von dem unter der Herrschaft des Willens stehenden Spiele des Accommodationsmuskels soll hier natürlich die Rede sein, sondern von Contractionen des genannten Muskels, die jedesmal unwillkürlich eintreten, sobald der deutliche Sehact intendirt wird.

Betrachten wir die Wirkungen dieses Accommodationskrampfes auf die beiden Ametropie-Formen etwas genauer. Die Wirkung auf das myopische Auge ist klar; Myopie bleibt Myopie, sie wird einfach durch den Accommodationskrampf gesteigert — zu jener Linse, welche das Auge vermöge seines Baues gleichsam zuviel hat tritt noch eine Linse, die sich das Auge durch Muskelwirkung zulegt. Dem hypermetropischen Auge fehlt eine Linse vermöge seines Baues; es wird begreiflicherweise von dem Grade der Hypermetropie, der Accommodationsbreite und der Grösse des Muskelkrampfes abhängen, welcher Effect durch den letztern erzielt wird. Hat die activ zugelegte Linse einen geringeren Werth als die Hypermetropie, dann wird das Auge noch als hypermetropisches sich documentiren, seine factische Hypermetropie wird nur mehr oder weniger verringert in die Erscheinung treten. Hat aber die Linse im Auge sich eine solche Linse zugelegt, dass dadurch der quasi Refractionsfehler gerade gedeckt wird, dann tritt das Auge als emmetropisches auf, wiewohl es hochgradig hypermetropisch sein kann. Und schiesst endlich der Muskel in seiner Contraction gleichsam über das Ziel hinaus, verstärkt sich der Crystall durch eine Linse, deren Werth höher ist, als der Werth der dem Auge fehlenden, dann bietet sich uns Myopie bei hypermetropischem Bau des Auges dar.

Tritt also bei Hypermetropie Accommodationskrampf auf, so kann dabei theoretisch Hypermetropie, Emmetropie oder Myopie bestehen. Wie verhält sich die Sache in Wirklichkeit? Kommt es wirklich

vor, dass in Folge von Accommodationskrampf ein hypermetropisches Auge eine geringere als die bestehende Hypermetropie, oder gar hypermetropische Emmetropie oder hypermetropische Myopie, wie wir die beiden letzteren Zustände der Kürze halber bezeichnen wollen, darbietet? Die Antwort lautet nach allen drei Richtungen bejahend.

Die beiden ersten Formen sind bekannt, seit die Hypermetropie durch Donders' Untersuchungen überhaupt genauer gekannt ist; der letzten Form, der hypermetropischen Myopie hat man erst in neuerer Zeit die Aufmerksamkeit zugewendet. Donders theilte die Hypermetropie bereits ein in manifeste und latente. Nehmen wir z. B. an, wir wüssten auf irgend eine Weise, dass dieser 12jährige Knabe, Namens Jacob Kircher, am rechten Auge eine wirkliche, totale Hypermetropie $^1/_{5\frac{1}{2}}$ hätte, dass also zur Correction der Ametropie Convex 6, $^1/_2$'' vor *K*, eigentlich nothwendig wäre und prüfen wir nach den früher aufgestellten Regeln mit Gläsern die Hypermetropie, so finden wir, dass Convex 14 das stärkste Glas ist, durch welches die grösste Sehschärfe erreicht wird. Der Theil der Hypermetropie also, welcher zu Tage tritt, welcher manifest ist, *Hm* (manifesta) ist $= ^1/_{14}$ und wir finden den durch Muskelkrampf maskirten, den latenten Theil, die *Hl* (latens), wenn wir von der totalen Hypermetropie, *Ht* (tota) die $Hm = ^1/_{14}$ abziehen. Also

$$Hl = Ht - Hm = ^1/_{5\frac{1}{2}} - ^1/_{14} = ^1/_9$$
$$Ht = Hm + Hl = ^1/_{14} + ^1/_9 = ^1/_{5\frac{1}{2}}.$$

Wir sehen also, dass in diesem Falle mehr als die Hälfte der Hypermetropie latent ist, und doch müssen wir sagen, dass erfahrungsmässig in dem Alter des genannten Individuums noch viel grössere Bruchtheile der Hypermetropie in der Regel latent bleiben, dass Augen mit $Ht = ^1/_{5\frac{1}{2}}$ und sogar mit noch etwas höherer vorkommen, welche, wenn sie noch nicht mehr als 12 Sommer gesehen, bei der Fernprüfung jedes, auch das schwächste Convexglas verwerfen, also hypermetropische Emmetropie darbieten, bei denen demnach die ganze Hypermetropie latent, die manifeste Null ist. Dies war z. B. sicherlich bei dem 21jährigen Fräulein der Fall, welches heute, wie gerufen, unseren Rath einholt. Hier ist *Hm* rechterseits $= ^1/_{18}$, am linken Auge $^1/_{30}$ und die totale Hypermetropie beträgt rechts nicht weniger als $^1/_{4\frac{1}{2}}$, links ist sie gleich $^1/_6$. *Hl* ist am rechten Auge $= ^1/_{4\frac{1}{2}} - ^1/_{18} = ^1/_6$, am linken Auge $= ^1/_5 - ^1/_{30} = ^1/_6$. Sie sehen, meine Herren, dass in beiden Augen der Werth der latenten Hypermetropie gleich gross ist. Des Accommodationsmuskels Contraction ist also an beiden Augen eine vollkommen gleichmässige, dadurch ist der Werth der manifesten *H* beiderseits und in gleichem Grade verschieden, wie jener der totalen. Die

Differenz zwischen rechts- und linksseitiger Ht ist $= {}^1/_{4}{}^1/_{4} - {}^1/_5 = {}^1/_{45}$, die Differenz zwischen der beiderseitigen manifesten Hypermetropie ist dieselbe, da ${}^1/_{18} - {}^1/_{30} = {}^1/_{45}$. Wir können mit Bestimmtheit annehmen, dass die Hypermetropie des Fräuleins in ihrem 12. Lebensjahre wenigstens links vollkommen latent war.

Endlich möge Ihnen das 15jährige Fräulein Marie Sprenger zeigen, wie sich geringgradige Hypermetropie unter dem Bilde geringer Myopie präsentiren kann. Das rechte Auge zeigt $S = {}^{20}/_{50}$, mit $- {}^1/_{20}$ $S = {}^{20}/_{20}$, das linke Auge zeigt $S = {}^{20}/_{40}$, mit $- {}^1/_{40}$ gleichfalls $S = {}^{20}/_{20}$. Und doch besteht beiderseits geringe Hypermetropie. Wir werden über diese und ähnliche Fälle noch gar Manches zu sagen haben. Hier war es mir zunächst darum zu thun, Sie mit den verschiedenen Wirkungen des Accommodationskrampfes im hypermetropischen Auge bekannt zu machen.

Sehen wir zunächst von der hypermetropischen Myopie ab, so ist über manifeste und latente Hypermetropie noch Folgendes hervorzuheben: Der Accommodationskrampf ist bei Hypermetropie nicht eine excessive, krankhafte, ohne Rücksicht auf die Zwecke des Sehactes unterhaltene Contractur, sondern vielmehr eine im Dienste des deutlichen Sehens jedesmal auftretende Contraction, die auch dann nicht aufgegeben werden kann, wenn dieselbe in Folge des Vorsetzens von Convexgläsern vor das Auge nunmehr unnöthig, ja dem deutlichen Sehen hinderlich wird. Wenn ein jugendlicher Hypermetrope mit parallelen Gesichtslinien in die Ferne blickt, so vermag er dies, falls er ein Object betrachtet, nicht anders zu thun, als dass er gleichzeitig den Ciliarmuskel contrahirt. Einen Theil dieser Contraction kann er aufzugeben im Stande sein, wenn Convexgläser vor das Auge gehalten werden, ein anderer Theil aber bleibt bestehen.

Wir wissen, dass die relative Accommodationsbreite für eine bestimmte Convergenz ein bestimmtes Gebiet umfasst[1]). Blickt ein Emmetrop mit parallelen Gesichtslinien in die Ferne, dann ist der negative Theil seiner relativen Accomodationsbreite Null, muss Null sein, weil wenn die Augen sich für einen noch weiteren Punkt accommodiren könnten, sie eben, da eine negative Accommodation nicht existirt, nicht emmetropisch, sondern hypermetropisch gebaut wären. Einen positiven Theil relativer Accommodationsbreite besitzen die parallel stehenden emmetropischen Augen immerhin, d. h. es ist ihre ganze relative Accommodationsbreite unter solchen Verhältnissen positiv. Es können jugendliche emmetropische Augen noch durch Concav 12, nicht selten noch durch

[1]) S. pag. 84.

stärkere Concavgläser deutlich im binocularen Sehacte in die Ferne sehen. Durch das Vorsetzen des Concavglases wird dem Auge eine Linse weggenommen, es wird für den Moment hypermetropisch gemacht, die Augen decken ihren Verlust durch die Accommodation bis zu einer gewissen Grenze. Es unterscheiden sich aber emmetropische Augen, mit Concavgläsern bewaffnet, dadurch von hypermetropischen, dass wenn man den ersteren Convexgläser vorsetzt, (resp. die Concavgläser entfernt) die nun nicht bloss unnütze, sondern das deutliche Fernsehen beeinträchtigende Contraction des Ciliarmuskels aufhört, die den unter der Herrschaft von Concavgläsern stehenden Augen nunmehr zukommende negative relative Accommodationsbreite sofort hervor tritt, während hypermetropische Augen die habituelle Contraction beim Vorsetzen von Convexgläsern entweder gar nicht vermindern können, in welchem Falle, falls die ganze Hypermetropie gedeckt wurde, auch die ganze Hypermetropie latent ist, oder sie nur zum Theile aufgeben, wobei also ein Theil der Hypermetropie manifest wird, ein anderer latent bleibt. Wiewohl also jugendliche Hypermetropen mit parallelen Gesichtslinien eine sehr bedeutende negative relative Accommodationsbreite darbieten, die eben in jener Linse den Ausdruck findet, welche die Hypermetropen zur Deckung oder Verminderung ihrer Hypermetropie bei parallelen Gesichtslinien sich zulegen können, so lässt sich doch bei der gewöhnlichen Bestimmung der negativen relativen Accommodationsbreite mit Convexgläsern dieselbe nicht beurtheilen.

Es geht aus allem dem hervor: Die manifeste Hypermetropie setzt sich aus zwei Theilen zusammen. Der eine Theil ist jener, welchen der Accommodationsmuskel unbedeckt lässt, der andere Theil ist gegeben durch den zu Tage tretenden Bruchtheil der relativen negativen Accommodationsbreite. Die latente Hypermetropie ist jene Linse, welche den nicht zu Tage tretenden Bruchtheil der negativen relativen Accommodationsbreite repräsentirt. Nur in dem Falle, dass die ganze Hypermetropie durch Accommodation gedeckt werden kann, ist die *H* manifesta = dem manifesten, die *H* latens = dem latenten Theil der negativen relativen Accommodationsbreite. Ist die Hypermetropie in toto latent, dann ist die negative relative Accommodationsbreite der totalen Hypermetropie gleich.

Beispiele mögen uns das Gesagte erläutern und zugleich zeigen, wie die beiden Antheile der manifesten Hypermetropie bestimmt werden. Es bestehe in einem Falle totale Hypermetropie $^1/_6$ — wir nehmen an, dass wir dies auf irgend eine Weise wüssten, sowie wir auch von der Differenz zwischen dem Werthe des Correctionsglases und jenem der

Ametropie absehen wollen. Die Linse, welche sich die Augen mit parallelen Gesichtslinien zulegen könnten, wäre $^1/_{12}$, dann bleibt zunächst beim Sehen in die Ferne eine $H\,^1/_6 - {}^1/_{12} = {}^1/_{12}$ unbedeckt. Die Sehschärfe des unbewaffneten Auges ist mangelhaft, auf 20′ wird es etwa nur Buchstaben *LXX* (70) errathend nennen. Durch das Vorsetzen von Convexgläsern wird die Sehschärfe gesteigert und erreicht ihre grösste Höhe, wenn Convex 12 in Anwendung kommt, denn nun ist, da das Auge eine Linse $^1/_{12}$ zur Correction der Ametropie liefert und eine zweite Linse $^1/_{12}$ vor dem Auge steht, die zur Correction der totalen $H\,^1/_6$ nöthige Linse $^1/_6 = {}^1/_{12} + {}^1/_{12}$ aufgebracht. Setze ich nun noch stärkere Gläser vor das Auge, so bemerke ich, das die Sehschärfe nicht abnimmt, sie bleibt gleich, wenn der Reihe nach Convex 12, 11, 10, 9 vorgesetzt wird, erst mit Convex 8 wird schlechter gesehen. Was folgt daraus? Der Accommodationsmuskel kann bis zu einer gewissen Grenze seine Contraction aufgeben, die Differenz zwischen $^1/_9$ und $^1/_{12}$ ist $^1/_{36}$, mithin hat die Accommodation um eine Linse $^1/_{36}$ abgenommen, das Auge hat noch eine Plus-Linse von $^1/_{12} - {}^1/_{36} = {}^1/_{18}$, die totale Hypermetropie ist nun corrigirt durch die Linsensumme $^1/_9 + {}^1/_{18} = {}^1/_6$. Die manifeste Hypermetropie ist in toto $= {}^1/_9$, denn $^1/_9$ ist das stärkste Convexglas, mit welchem die grösste Sehschärfe erhalten bleibt. Die manifeste Hypermetropie setzt sich zusammen: 1) aus dem vom Accommodationsmuskel unbedeckten Theile, d. i. $^1/_{12}$ und 2) aus dem manifesten Theile der negativen relativen Accommodationsbreite, $= {}^1/_{36}$. Also

$$Hm = {}^1/_{12} + {}^1/_{36} = {}^1/_9.$$

Der erste Theil: Hm_1 der manifesten Hypermetropie ist ganz allgemein gegeben durch das schwächste Convexglas, mit welchem die grösste Sehschärfe erzielt wird, der zweite Theil: Hm_2 durch die Differenz zwischen dem stärksten und schwächsten Convexglase, mit welchem die grösste Sehschärfe erhalten bleibt.

Denken wir, dass in unserem Falle mit $^1/_{12}$ die grösste Sehschärfe erzielt würde, mit $^1/_{11}$ aber sich schon wieder verminderte, dann wäre $Hm = Hm_1 = {}^1/_{12}$ und $Hm_2 = 0$. Gesetzt, wir hätten einen Fall mit $H\,^1/_6$ und es würde sich zeigen, dass durch Convexgläser die Sehschärfe gar nicht steigt (die vergrössernde Wirkung der Gläser kommt in diesen Fällen gar nicht in Betracht), sondern gleich bleibt, und es wäre $^1/_{20}$ noch das stärkste Glas, durch welches die Sehschärfe nicht herabgesetzt würde, dann ist offenbar $Hm = Hm_2 = {}^1/_{20}$ und $Hm_1 = 0$. Nehmen wir endlich an, es würde in dem letzten Falle durch jedes, auch das schwächste Convexglas schlechter gesehen, dann ist eben sowohl Hm_1 als Hm_2, daher $Hm = 0$.

Was die latente Hypermetropie anlangt, so ist sie in dem Falle als

$$Hm = Hm_1 + Hm_2$$

gleich dem Bruchtheile der relativen negativen Accommodationsbreite, $\frac{1}{a_2}$[1]), welcher ausgedrückt wird durch die Formel:

$$Hl = \frac{1}{a_2} - Hm_2;$$

in dem Falle, in welchem

$$Hm = Hm_1 \text{ und } Hm_2 = 0$$

ist

$$Hl = \frac{1}{a_2};$$

in dem 3. Falle, in welchem

$$Hm = Hm_2 \text{ und } Hm_1 = 0$$

ist

$$Hl = Ht - Hm_2;$$

und endlich wenn

$$Hm = 0$$

ist

$$Hl = Ht.$$

Wie sehen also, dass das Constituens des allgemeinen Ausdrucks

$$Hl = Ht - Hm$$

ein verschiedenes ist, je nach der Zusammensetzung der manifesten Hypermetropie.

Man hat sich bisher immer begnügt, nur den Totalwerth der manifesten Hypermetropie anzugeben. Aus demselben kann natürlich der Einzelwerth von Hm_1 und Hm_2 nicht ersehen werden. Es kann aber für manche Zwecke interessant werden, diese beiden Theile von einander zu sondern. Nur der Fall, dass $Hm = Hm_2$, also $Hm_1 = 0$, ist in der Nomenclatur vorgesehen, indem man die Hypermetropie unter diesen Verhältnissen als facultative bezeichnet.

Donders hat nämlich die manifeste Hypermetropie weiter unterschieden in facultative, relative und absolute Hypermetropie. Logischer wäre es aber, die Hypermetropie zunächst einzutheilen in facultative und nicht facultative (so zu sagen obligatorische) Hypermetropie, und die nicht facultative, wenn man wollte, noch weiter zu unterscheiden als relative und absolute. Facultativ ist die Hypermetropie dann, wenn sie nicht immer als solche vorzutreten braucht, sondern erst bei gegebener Gelegenheit, facultate data, sich enthüllt; nicht facultativ ist die Ametropie dagegen, wenn sie unter allen Umständen als solche in die Erscheinung treten muss. Facultativ ist die Hypermetropia manifesta für den Fall als $Hm = Hm_2$, also $Hm_1 = 0$. In diesem Falle wird die Hypermetropie, wenn die Gesichtslinien parallel ge-

[1]) pag. 91.

stellt sind, vollkommen durch die Accommodation gedeckt, sie erscheint nicht als Hypermetropie, sondern als Emmetropie. Erst facultate data, erst wenn Convexgläser vorgehalten werden, wird die Hypermetropie erkennbar. Wird also eine Hypermetropie für eine bestimmte Objectsdistanz als facultativ bezeichnet, so heisst das, dass die Augen aus der gegebenen Entfernung im binocularen Sehacte sowohl ohne Glas, als mit Hilfe eines Convexglases, dessen Maximalwerth durch $Hm = Hm_2$ gegeben ist, deutliche Bilder auf der Netzhaut entwerfen können.

Ist $Hm = Hm_1 + Hm_2$ oder ist $Hm = Hm_1$, dann ist die Hypermetropie nicht facultativ, d. h. sie muss unter allen Umständen als solche bestehen. Bei paralleler Gesichtslinienstellung bedarf es nicht erst einer günstigen Gelegenheit, dass die Hypermetropie als solche sich documentirt, sondern da ein Theil derselben von Seite der Accommodation unbedeckt bleibt, so kann sie sich als solche nicht verläugnen. Bei nicht facultativer Hypermetropie sind also die Augen nicht im Stande, von Objecten, auf welche die Blicklinien gerichtet sind, deutliche Bilder auf der Netzhaut zu entwerfen. Die Bilder müssen unter solchen Umständen immer hinter die Netzhaut fallen und können erst mit Hilfe von Convexgläsern auf die Netzhaut rücken.

Diese gleichsam obligatorische Hypermetropie kann nun wieder in relative und absolute eingetheilt werden. Denken wir uns, die Augen hätten $Ht\,{}^1/_6$ und Accommodationsbreite ${}^1/_4$. Bei parallelen Gesichtslinien könnten sich die Augen nur eine Linse ${}^1/_{10}$ zulegen. Die Hypermetropie wird für den Convergenzpunkt nicht gedeckt, die Augen können in die Entfernung nicht deutlich sehen, die Hypermetropie ist nicht facultativ. Nun beginnen die Augen zu convergiren, der Convergenzwinkel steigt von 0° auf eine bestimmte Grösse. Mit der Contraction der Interni steigert sich jene des Ciliarmuskels und es ist begreiflich, dass die Augen bei einer bestimmten Convergenz sich eine Linse ${}^1/_6$ zugelegt haben werden. Emmetropische Augen, die bei paralleler Gesichtslinienstellung keine Plus-Linse brauchen und auch keine sich zulegen, werden eine Linse ${}^1/_6$ sich zulegen, wenn sie für einen 6″ entfernten Punkt convergiren. Unsere hypermetropischen Augen, die schon bei einem Convergenzwinkel von 0° eine durch Accommodation aufgebrachte Linse ${}^1/_{10}$ aufweisen, werden natürlich bei wesentlich geringerer Convergenz, als jener für 6″ z. B. bei einer Convergenz für 24″ Abstand die Linse ${}^1/_6$ erlangt haben. In dem Momente wo dies geschieht, haben sie ihre Hypermetropie gedeckt, d. h. in diesem Momente wird nun von unendlich entfernten Objecten ein deutliches Bild im Auge erzeugt, aber natürlich nicht von dem in der endlichen Entfernung

von 24" gelegenen Convergenzpunkte, zu dessen deutlicher Wahrnehmung eine stärkere Linse, eine Linse $^1/_6 + {}^1/_{24} = {}^1/_{4^4/_5}$, nöthig wäre. Derartige Augen mit nicht facultativer Hypermetropie können also durch Convergenz und Accommodationsanstrengung ihre Hypermetropie überhaupt noch decken, sie können aber nicht im Convergenzpunkte deutlich sehen. Relativ zum Convergenzpunkte bleiben sie stets hypermetropisch. Dies ist die Form der nicht facultativen Hypermetropie, welche Donders als relative bezeichnet.

Denken wir uns, dass die Augen statt $Ht = {}^1/_6$ und $\frac{1}{A} = {}^1/_4$, wie wir dies eben annahmen, $Ht = {}^1/_4$ und $\frac{1}{A} = {}^1/_6$ hätten, dass also die dem Auge fehlende Linse einen grösseren Werth repräsentirt, als der Werth derjenigen Linse ist, welche sich das Auge überhaupt bei der stärksten Convergenz- und Accommodationsanstrengung zuzulegen vermag, dann kann eben unter keiner Bedingung, auch nicht bei der stärksten Convergenz- und Accommodationsanstrengung die Hypermetropie gedeckt werden, dann wird nicht blos von dem im Convergenzpunkte gelegenen Objecte stets ein undeutliches Bild erzeugt, sondern es kann unter keiner Bedingung von unendlich entfernten Objecten ein deutliches Bild entworfen werden. Dies ist die absolute Hypermetropie.

Da nun einerseits die Refraction eines Auges nicht durch das ganze Leben dieselbe bleibt, indem wir ja das emmetropische Auge im höheren Alter hypermetropisch werden sahen, und daher das hypermetropische Auge, das sich doch den Altersmetamorphosen nicht entziehen kann, in Folge der gleichen Veränderungen stärker hypermetropisch werden wird; da andererseits — und dies ist der weitaus wesentlichere Punkt — die Accommodationsbreite mit zunehmenden Jahren continuirlich abnimmt, und diese Abnahme, wie Donders gezeigt hat, schon im Kindesalter beginnt: so folgt, dass die Art und Weise, wie die Hypermetropie in Erscheinung tritt, in demselben Auge nicht zu allen Zeiten eine und dieselbe ist, sondern durch die mit den Jahren fortschreitende Abnahme der Accommodationsbreite und durch die Aenderung der Refraction modificirt werden wird. Der Grad der Hypermetropie ist dabei an und für sich nicht massgebend für die Erscheinungsweise, denn sowie z. B. einerseits das aphakische Auge mit seiner hochgradigen Hypermetropie $^1/_2$ bis $\frac{1}{2 \cdot 6}$, die wegen des Mangels jeglichen Accommodationsvermögens keinerlei Bedeckung findet, das Prototyp der absoluten Hypermetropie ist, so wird auch das ursprünglich em-

metropische Auge, das im Alter nur eine relativ sehr geringe Hypermetropie, etwa $H^1/_{24}$, acquirirt, doch auch absolut hypermetropisch, wenn gleichzeitig in Folge der Altersveränderungen $\frac{1}{A} < {}^1/_{24}$ geworden ist.

Der Hypermetrope ist im Stande, mit parallelen Gesichtslinien sich einen bestimmten Bruchtheil seiner absoluten Accommodationsbreite zuzulegen. Ist die letztere und in Folge dessen der in Frage kommende Bruchtheil gross genug, dann wird bei parallelen Gesichtslinien die ganze Hypermetropie gedeckt werden. Die Hypermetropie ist dann facultativ. Wenn mit zunehmenden Jahren die absolute Accommodationsbreite und damit der Werth des bei Parallelstellung zur Verfügung stehenden Bruchtheiles abnimmt, dann kann die Hypermetropie beim Blick in die Ferne nicht mehr gedeckt werden, die Hypermetropie ist nicht facultativ geworden. Sie wird dabei solange relativ bleiben, als der Werth von $\frac{1}{A}$ grösser als jener von H, um endlich, wenn die Accommodationsbreite überhaupt nicht mehr hinreicht, um die Hypermetropie zu decken, absolut zu werden und natürlich auch zu bleiben.

Es ist eben so klar, dass der Werth von Hm und Hl von der Accommodationsbreite abhängig sein muss. Die manifeste Hypermetropie wird mit abnehmender Accommodationsbreite zunehmen, indem ihre beiden Theile, Hm_1 und Hm_2, zunehmen, resp. Hm_1 sich entwickelt, wenn es ursprünglich, solange die Hypermetropie facultativ war, gar nicht existirte. Der unbedeckte Theil der manifesten Hypermetropie, d. i. Hm_1 wird sich entwickeln, sobald die Hypermetropie aufgehört hat facultativ zu sein, und wird um so grösser werden, je mehr die Accommodationsbreite abnimmt, und die noch durch die Formveränderung der Linse aufgebrachte Bedeckung wird durch das Vorhalten von Convexgläsern um so williger weichen, je mehr die Energie des Accommodationsmuskels vom Beginne der Involutionsperiode an sich vermindert und je schwerer veränderlich die Linsenform wird, Momente, welche also auch das Wachsen von Hm_2 begreiflich machen.

Indem die manifeste Hypermetropie immer mehr zu- und die latente entsprechend abnimmt, kommt es endlich, wenn das Accommodationsvermögen des Auges sehr gering oder gleich Null geworden ist, dahin, dass die Hypermetropie in toto manifest, die latente Null wird. Zu dieser Zeit hat auch die totale Hypermetropie an Werth etwas zugenommen. Der Lebenslauf eines Hypermetropen, z. B. mit $H^1/_5$, kann in Betreff seiner Hypermetropie demnach in folgender Weise zusammengestellt werden:

0 Jahre $\frac{1}{A} = \frac{1}{3}$ $Ht = \frac{1}{5}$ $Hm = \frac{1}{20}$ $Hl = \frac{1}{6^2/_3}$ H facultativa

0 „ „ $= \frac{1}{4}$ „ $= \frac{1}{5}$ „ $= \frac{1}{12}$ „ $= \frac{1}{8^6/_7}$ H relativa

0 „ „ $= \frac{1}{6}$ „ $= \frac{1}{5}$ „ $= \frac{1}{8}$ „ $= \frac{1}{13^1/_3}$ H absoluta

0 „ „ $= \frac{1}{12}$ „ $= \frac{1}{5}$ „ $= \frac{1}{6}$ „ $= \frac{1}{30}$ H absoluta

0 „ „ $= \frac{1}{\infty}$ „ $= \frac{1}{4}$ „ $= \frac{1}{4}$ „ $= \frac{1}{\infty}$ H absoluta.

Der zehnjährige Hypermetrop mit $H^1/_5$ und einer Accommodationsreite $^1/_3$ kann die Hypermetropie bei paralleler Gesichtslinienstellung ch decken, seine Hypermetropie ist facultativ und nicht mehr als wird unter Anwendung von Convexgläsern manifest ($Hm = Hm_2$), obei zu bemerken, dass der Werth der manifesten H in diesem Alter ch geringer, wohl auch gleich Null sein kann. Mit 20 Jahren, in elchem Alter die Accommodationsbreite bereits um $^1/_{12}$, von $^1/_3$ auf $^1/_4$ genommen hat, können sich die parallel stehenden Augen nicht mehr ine Linse $^1/_5$, d. i. $^4/_5$ ihrer ganzen $\frac{1}{A}$, zulegen, die Hypermetropie t relativ geworden, Hm (nunmehr zusammengesetzt aus $Hm_1 + Hm_2$) t auf $^1/_{12}$ gestiegen. War die Hypermetropie im 10. Jahre noch ganz tent, so kann auch jetzt Hm noch viel kleiner sein. Mit 30 Jahren t die Accommodationsbreite auf die Hälfte der im Alter von 10 Jahren estehenden, also von $^1/_3$ auf $^1/_6$ herabgesunken, die totale H ist grösser ls $\frac{1}{A}$, die Hypermetropie ist bereits zur absoluten avancirt, ihr maifester Theil ist $= ^1/_8$. Im Alter von 50 Jahren ist $\frac{1}{A} = \frac{1}{12}$, eine unahme der totalen H ist in diesem Alter noch nicht bemerkbar, ber nur noch $^1/_{30}$ ist latent, bis endlich im hohen Alter, etwa mit 0 Jahren, eine Zunahme der totalen Hypermetropie um $^1/_{20}$ von $^1/_5$ uf $^1/_4$ hervortritt, und da zu dieser Zeit das Auge sich nur noch ne Linse von unendlicher Brennweite, d. h. eben keine Linse mehr zulegen vermag, so ist bei aufgehobenem Accommodationsvermögen die nze Hypermetropie manifest. Das Letztere ist schon einige Jahre her eingetreten, als dem Auge noch eine geringe Accommodationseite zukam.

Gehen wir zu jenen Formen des Accommodationskrampfes über, deren Resultat sich dadurch ausdrückt, dass nicht myopisch gebaute Augen kurzsichtig erscheinen, oder dass wirkliche Kurzsichtigkeit eine scheinbare Zunahme ihres Werthes erfährt, so haben wir in dieser Hinsicht im Allgemeinen Folgendes hervorzuheben. Keine Form dieses Krampfes ist geeignet, den Zweck des deutlichen Sehens nach allen Distanzen möglichst zu fördern, jede dieser Formen unterscheidet sich also wesentlich von den bisher besprochenen Erscheinungen am hypermetropischen Auge, denn der Accommodationskrampf des letzteren, wie wir ihn bisher kennen gelernt haben, ist der deutlichen Wahrnehmung für alle Distanzen, für die Entfernung sowohl, als für die Nähe, stets nur förderlich. Die theoretischen Möglichkeiten, welche bei dem zu scheinbarer Myopie führenden Krampfe statthaben können, sind folgende. Krampf kann entstehen durch eine Innervationsstörung sui generis ganz unabhängig von der Refraction des Auges und von der Verwendung des Accommodations-Apparates.

Krampf könnte sich einstellen nach excessiven, lange fortgesetzten Accommodationsanstrengungen, ganz unabhängig davon, ob das Auge emmetropisch, hypermetropisch oder myopisch gebaut ist.

Krampf könnte ferner in einem bestimmten Baue des Auges seine Ursache oder wenigstens einen günstigen Boden für sein Gedeihen finden.

Und endlich könnte der durch Accommodationsanstrengungen oder andere Ursachen im emmetropischen Auge erzeugte Krampf zu einer Umwandlung desselben in ein ametropisches führen, oder der im ametropischen Auge auftretende entweder eine Zunahme der Ametropie oder eine Abnahme derselben, beziehungsweise das Umschlagen in den Gegensatz bedingen. Concret gesprochen: Der Accommodationskrampf könnte Schuld sein, dass ein emmetropisches Auge myopisch, ein myopisches stärker myopisch und ein hypermetropisches weniger hypermetropisch oder emmetropisch oder myopisch (all' das nicht scheinbar, sondern wirklich) wird.

Accommodationskrampf der ersten Kategorie ist gewiss ausnehmend selten. Hieher gehören zwei Fälle v. Graefe's (1856), in deren einem Krampf des rechten Ciliarmuskels mit Hereinrückung des Fernpunktes bis auf $3^1/_4$" nach einer oberflächlichen Verletzung der Hornhaut entstanden war und nach 3maliger Application des Heurteloup'schen Blutegels wich — in deren anderem bei einem 18jährigen chlorotischen Mädchen neben Facialisneurose die Symptome hochgradigen Accommodationskrampfes gleichfalls rechtsseitig sich entwickel-

tan, so dass Patientin „nur von $2^3/_4'' - 3^1/_4''$ accommodirte.“ Auch ein dritter von v. Graefe schon früher (1854) unter der Bezeichnung einer „optisch nicht zu erklärenden Accommodationskrankheit“ beschriebener, mit Blepharospasmus einhergehender Fall, in welchem der Kranke nicht im Stande war gewöhnliche Druckschrift in einer grösseren Nähe als einer solchen von $2^1/_2$ Fuss zu lesen, dagegen sowohl mit Convex 80 in der Entfernung von sieben Zoll lesen konnte, als auch mit Concav 40 dasselbe in dem Raume zwischen drei und 40 Zoll (am besten in 10''—25'') zu thun vermochte — ich sage, auch diese räthselhaften Erscheinungen sollen nach Nagel, welcher (1871) eine ähnliche Beobachtung bekannt machte, durch Accommodationskrampf zu erklären sein. Nagel sah einen 12jährigen Knaben, der mit freiem Auge nur Jaeger Nr. 20 in der Nähe lesen konnte, während er sowohl mit Convex 6, als mit Concav 6 Jaeger Nr. 1 las, mit ersterem Glase in grösserer Nähe, nicht scharf und mit grosser Mühe, mit letzterem (dem Concav-) Glase in etwas grösserem Abstande, auch mühsam, aber ziemlich scharf. Für die Ferne besserten Concavgläser — $^1/_3$ sehr bedeutend und nach Anwendung von Atropin rückte der Fernpunkt „von Minute zu Minute“ heraus, so dass zuletzt schwache Hypermetropie (ohne Angabe des Werthes, also von Emmetropie kaum verschieden) nachweisbar wurde. Wiewohl die Existenz eines Krampfes in Nagel's Falle vollkommen deutlich wird, so bleibt mir doch unerklärlich, warum in der Nähe Nr. 20 mit freiem Auge nicht, dagegen mit $+ ^1/_6$ Nr. 1 gelesen wurde, und warum in Graefe's Falle die schwächsten Concav- und Convexgläser das Sehen in der Nähe ermöglichten, während es mit freiem Auge erst im Abstande von 3 Fuss begann. Das Letztere spricht gerade nicht für Accommodationskrampf, ebensowenig als v. Graefe's Angabe, dass mit Hilfe des Scheiner'schen Versuches durch vielfache Prüfungen ermittelt wurde, „dass die Grenzen der Accommodation mit denen eines normalen Auges ungefähr zusammenfielen.“

Mit einseitigem Blepharospasmus combinirt fand ferner (1870) Alfred Graefe beiderseitigen geringen und Gosetti einseitigen höhergradigen Krampf des Accommodationsmuskels. 1872 beschreibt Just einseitigen Accommodationskrampf, welcher zu *c.* $M^1/_5$ in einem emmetropischen Auge führte und durch einen Prellschuss plötzlich entstanden war.

Als Curiosa wie die genannten Fälle sind auch noch zwei andere bekanntgewordene anzusehen, in welchen das eine Mal Hypermetropie, das andere Mal Myopie eine Rolle spielte. Liebreich bestimmte bei einem 21jährigen Fräulein, welches, wie die nachträgliche Atropinisirung zeigte, $H^1/_{24}$ besass, als Correctionsglas für die Ferne Concav 40,

während in der Nähe nur in 6" deutlich und scharf gesehen wurde. Es handelte sich um einen Accommodationskrampf, bei welchem die Augen für alle Entfernungen von 6 bis 40" sich einstellen konnten, wobei aber bei einer bestimmten Convergenz immer für einen näheren Punkt accommodirt werden musste, so dass das Sehen im Convergenzpunkte nicht deutlich war. Nur dann, wenn die Augen für den in 6" gelegenen Nahepunkt convergirten, correspondirte die Accommodations- mit der Convergenzanstrengung, wesshalb nur in dem Abstande von 6" ohne Concavglas deutlich gesehen wurde.

Hock (1872) berichtet über einen 12jährigen Knaben mit $M^1/_{17}$, welche in Folge von Accommodationskrampf bedeutend und dabei, da die Intensität des Krampfes wechselte, in verschiedener Weise gesteigert erschien. Der höchste Grad, welchen die summirte Myopie darbot, war $^1/_3$. Durch Accommodation war also eine Linse von $^1/_3 - ^1/_{17} = ^1/_{3^8/_{14}}$ aufgebracht worden.

In Betreff des Ausganges der genannten Fälle sei kurz erwähnt, dass derselbe (welcher, wie schon angeführt im ersten Falle Graefe's ein günstiger war, indem der Krampf nach 3 Blutentziehungen verschwand) im zweiten und dritten Fall v. Graefe's unbekannt blieb, dass bei Nagel durch Atropin, Heurteloup'sche Blutentziehung und endlich durch eine subcutane Strychnineinspritzung die wiederholt recidivirenden Krankheitserscheinungen definitiv beseitigt wurden, während in Just's, Liebreich's und Hock's Falle fortgesetzte Atropineinträuflungen — Hock musste durch 2 Monate die Instillationen fortsetzen, bis aus der summirten Myopie die einfache geworden war — die Heilung herbeiführten.

Uebergehend zu den mehr normalen Beobachtungen, welche in neuerer Zeit über Accommodationskrampf gemacht wurden, wollen wir noch den (schon früher erwähnten) Fall Jacobson's (1864) anführen, in welchem zur Zeit diphtheritischer Lähmung an beiden Augen $H^1/_{15}$ gefunden wurde, während nach Ablauf der Erkrankung links Myopie $^1/_{40}$, rechts $H^1/_{50}$ bestand und durch Atropinisirung links $M^1/_{40}$ in $H^1/_{50}$ überging, während die rechtsseitige $H^1/_{50}$ ungeändert blieb.

Den Reigen der neueren Beobachter auf dem Gebiete des Accommodationskrampfes eröffnet Eduard v. Jaeger 1861. Er sagt, dass in einem Auge Nahsichtigkeit, Plesiopie, besteht, sobald das Auge bei ungeändertem Nahepunkte nicht im Stande ist, durch vollkommene Entspannung des Accommodationsapparates seinen wirklichen Fernpunkt zu erreichen. Also auch der Accommodationskrampf, wie er im nicht gealterten typisch-hypermetropischen Auge immer besteht, in Folge

dessen das Auge weniger hypermetropisch oder emmetropisch erscheint, ist durch Plesiopie im Jaeger'schen Sinne bedingt und es ist insoferne vollkommen richtig und wird von Niemand bestritten werden, dass der übersichtige Bau des Auges zumeist zur Plesiopie disponirt. Ich erwähne dies, weil die genannten Angaben Jaeger's missverstanden wurden. Wenngleich v. Jaeger anführt, dass bei Plesiopie „der negative Ruhepunkt zum positiven" werden, d. h. Hypermetropie als Myopie erscheinen kann, so meint er doch durchaus nicht, dass die Hypermetropie besonders zu scheinbarer Myopie disponire. Sowie im übersichtigen Auge, so tritt nach v. Jaeger Plesiopie auch im emmetropischen und myopischen Auge — in allen Fällen durch zu grosse und zu lange fortgesetzte Accommodationsanstrengungen bewirkt — auf. Die Linse soll in Folge dessen ihre grosse Formveränderlichkeit einbüssen, so dass die Plesiopie durch Beseitigung der Schädlichkeit (der Accommodations-Anstrengungen) nicht immer behoben wird, besonders dann nicht, wenn die Flexilibität der Linse ohnehin schon durch das Alter gelitten hat. So soll die Plesiopie bei jugendlichen Individuen im Beginne noch sehr rasch schwinden können. Im Alter von 20 bis 30 Jahre verschwindet sie erst nach Monaten und Jahren, in etwas späterem Alter und bei fortgesetzter Einwirkung der Schädlichkeit wird sie „grossentheils bleibend eingeleitet", um aber „in den höheren Lebensaltern" doch wieder nicht selten allmälig abzunehmen.

Während v. Stellwag sich den Jaeger'schen Ansichten in Betreff der zur Myopie führenden oder die Myopie steigernden Plesiopie in der Hauptsache anschliesst, ist Donders ihr principieller Gegner. Doch geht aus den Angaben, die sein grosses Werk über die Refractions- und Accommodationsanomalien (1864) in Betreff des zu scheinbarer oder summirter Myopie führenden Accommodationskrampfes enthält, deutlich hervor, dass er denselben eigentlich in Augen aller Art beobachtet hat. Zunächst gibt er überhaupt zu, dass ein Hereinrücken des Fernpunktes in Folge dauernder Accommodationsanstrengung vorübergehend vorkommt. Dann sah er bei kleinen Kindern unter Umständen, welche eine grosse Accommodationsanstrengung herausfordern, an die Stelle leichter Grade von Myopie nach Atropinisirung Hypermetropie treten. Donders' Zusatz zu dieser Thatsache: „so extremely sensitive is their play of accommodation" ist ja — man gestatte den Ausdruck — doch nur eine Phrase und heisst eigentlich: „bei hypermetropischen Kindern kommt es in Folge starker Accommodationsanstrengungen zu scheinbarer Myopie." Den Accommodationskrampf im myopischen Auge gibt Donders unumwunden zu. Er führt einerseits an, dass bei

hohen Graden von Myopie im Zustande der Reizung nicht selten eine Art von Accommodationskrampf sich hinzugesellt und beschreibt einen Fall, in welchem bei einem 17jährigen Individuum eine Myopie $\frac{1}{2 \cdot 7}$ durch Blutentziehung und Atropinisirung auf $\frac{1}{3 \cdot 7}$ sank, also um $^1/_{10}$ abnahm; anderseits erklärt er, dass er den Beobachtungen des Dr. Fles gerne Glauben schenke, nach welchem Accommodationskrampf in vielen Fällen bei jungen Leuten vorkommt und besonders bei Knaben, welche sich für die Aufnahmsprüfung in eine Militärschule vorbereitet hatten. Da nun bei solchen Individuen im Allgemeinen keine oder nur geringe Myopie vorausgesetzt werden kann, so folgt daraus, dass Donders auch ein relativ leichtes Auftreten von Accommodationskrampf in Augen mit geringer Myopie nicht läugnet.

Dieses Auftreten von Ciliarmuskelkrampf in emmetropischen und geringgradig myopischen Augen jugendlicher Individuen, welche ihre Accommodation stark in Thätigkeit setzen, wurde dann von Dobrowolsky (1868) wirklich genauer constatirt, und von Demselben (1869) auch die scheinbare Myopie hypermetropischer Augen studirt, jener Augen, deren Bau, wie Dobrowolsky meint, zur scheinbaren Kurzsichtigkeit mehr, als der Normalbau, prädisponirt. Erismann (1871) nahm bei seiner Untersuchung von einigen Tausenden von Schülern und Schülerinnen starken Accommodationskrampf in jenen „nicht ganz seltenen" Fällen an, in welchen „sehr hochgradige Myopie mit geringen Veränderungen des innern Auges" einherging, die Verlängerung des Bulbus bei starker Einwärtswendung nicht constatirt werden konnte und die betreffenden Individuen „vor nicht sehr langer Zeit noch recht gut gesehen" hatten. Die durch fortgesetzte Atropinisirung einer grösseren Anzahl von Myopen erzielten Resultate hat Schiess-Gemuseus 1872 veröffentlicht, nachdem über einen Theil seiner Fälle schon früher (1871) von Hosch berichtet worden war. Von 101 Augen zeigten nur 15 nach der Anwendung des Atropins keine Abnahme der Myopie. Somit bestand in 86 dieser Augen mehr oder weniger ausgeprägter Accommodationskrampf. Mit Hilfe des Augenspiegels constatirte v. Hoffmann (1873) den Accomodationskrampf bei hypermetropischer Myopie in einer grösseren Anzahl von Augen.

Wir schliessen die kurzen historischen Angaben mit der Bemerkung, dass im gegenwärtigen Momente wohl kein Fachmann mehr die Möglichkeit des Entstehens von scheinbarer Myopie in Folge von Accommodationskrampf läugnen dürfte, sowie dass die theoretischen Möglichkeiten, die

ir an die Spitze der Erörterung stellten, durch die einzelnen Beobachter
f das Gebiet der Wirklichkeit geleitet wurden. Sowohl dafür, dass der
ampf durch eine eigentliche Innervationsstörung entstehe, als auch da-
r, dass er ganz allgemein durch Ueberbürdung des Accommodationsmuskels
Augen jeder Bauart auftreten kann und dafür, dass er durch einen
stimmten Bau (den hypermetropischen und hochgradig myopischen)
fördert wird, sprechen theils Thatsachen, theils die Beobachter. Und
s durch den Accommodationskrampf nicht blos Emmetropie in Myopie
h verwandelt und Myopie höhere Grade annimmt, sondern dass auf
se Weise auch das hypermetropische Auge myopisch werden kann,
der Refrain, der vielseitig die Untersuchungen schliesst.

Unsere eigenen Beobachtungen und Schlüsse werden wir an einem
ssendern Orte vorbringen. — Sie erstaunen, meine Herren? Sie staunen,
s wir die Speciallehre von der typischen Hypermetropie und Myopie
t der Betrachtung von Accommodationsanomalien beginnen und
n den Gegenstand, ohne ihn zu erschöpfen, wieder abbrechen! Und
ch dürfte Ihnen bei einiger Ueberlegung der Grund für ein solches
rgehen nicht entgehen. Um den Bau eines Auges zu constatiren,
issen wir dessen wirklichen Fernpunkt eruiren. Wir mussten
o zuerst wenigstens im Allgemeinen erfahren, in welcher Weise
r wirkliche Fernpunkt des Auges maskirt werden kann, um erfolgreich
die Lösung dieser unserer ersten Aufgabe bei der optischen Unter-
chung eines speciellen Auges zu gehen. Wir haben in der zwölften
rlesung gesehen, in welcher Weise der Brechzustand des Auges mit
ilfe von Gläsern bestimmt werden kann, haben für diese Bestimmungs-
t, wenn nicht ein anderes Verhalten ausdrücklich erwähnt wird,
genommen, dass das Correctionsglas-Centrum $^1/_2$'' vor dem Knoten-
nkte, also $^1/_4$'' vor der Hornhaut stehe, und die Grenze festgesetzt,
n welcher an die Differenz zwischen dem Werthe des Glases und
sem der Refraction des Auges nicht mehr vernachlässigt wird, eine
renze, welche dort aufgerichtet ist, wo der besagte Unterschied den
'erth $^1/_{120}$ erreicht.

Es ist nach dem, was wir soeben abgehandelt haben, klar, dass
r mit Hilfe von Gläsern bestimmte Brechzustand des Auges nicht
n wirklichen Fernpunkt, sondern nur den momentanen anzugeben
ucht, und da dieser letztere schon nach theoretischer Möglichkeit
hwankungen unterliegen kann, so ist es ebenso klar, dass eine
stimmung selbst des scheinbaren Fernpunkts mit Hilfe von Gläsern
ter Umständen gar nicht gelingen wird. In dieser Hinsicht will ich
r eine Thatsache, die Jedem, der sich mit Refractionsbestimmungen

befasst, bekannt sein muss, hervorheben, die Thatsache, dass die genaue Bestimmung der manifesten Hypermetropie in der grösseren Mehrzahl der Fälle überhaupt gar nicht möglich ist. Wie oft, meine Herren, waren Sie selbst schon Zeugen dieser die Geduld ebenso erschöpfenden als erfolglosen Bestrebungen! Der durch Accommodation nicht deckbare Theil der Hypermetropie, Hm_1, ist allerdings leicht zu bestimmen. Nehmen wir an, es steige die Sehschärfe eines Auges durch Vorsetzung von Convexgläsern, bis sie z. B. mit $^1/_{30}$ die Höhe von $^{20}/_{30}$ erreicht. Wir stellen nun stärkere Gläser vors Auge. Wir halten $^1/_{30}$ und $^1/_{24}$ abwechselnd vor. Patient gibt sofort von selbst an, dass er mit letzterem Glase „deutlicher" sehe, wir überzeugen uns, dass er allerdings keinen Buchstaben von *XX*, aber die Lettern *XXX* noch vollkommen correct nennt. Dasselbe Spiel wiederholt sich, wenn wir $^1/_{24}$ und $^1/_{20}$ wechseln und so kann es bis zu $^1/_{14}$ oder selbst $^1/_{12}$ fortgehen. Der Untersuchte gibt an, mit den stärkeren Gläsern nicht bloss etwa grösser, sondern ebenso deutlich, ja deutlicher zu sehen, bis endlich bei der Anwendung eines Glases von bestimmter Stärke das Sehen trüber wird. Es wäre in unserem Falle z. B. $^1/_{11}$ dieses Glas.

Wir könnten uns dann für berechtigt halten, die Hm mit dem Werthe $^1/_{12}$ eruirt zu haben, aber zu unserer Sicherstellung machen wir noch einmal den Weg zurück. Wir wechseln $^1/_{12}$ mit $^1/_{14}$ und siehe da! nun erklärt der Untersuchte mit derselben Bestimmtheit, mit der er soeben das Entgegengesetzte behauptet hatte, dass er mit $^1/_{14}$ besser sehe als mit $^1/_{12}$; dass wenn wir zu $^1/_{16}$ greifen, dieses Glas „besser zeige," als $^1/_{14}$ — und so geht es fort, unaufhaltsam fort, bis wir bei $^1/_{24}$ oder gar wieder bei $^1/_{30}$ angelangt sind. Wir sind von diesen Resultaten der Untersuchung natürlich wenig erbaut. Wir gönnen uns und dem Hilfe Suchenden ein wenig Ruhe, und beginnen unsere Bestimmung auf's Neue — mit ähnlichem Erfolge. Je länger wir prüfen, je energischer wir ein „Resultat" erzwingen wollen, desto ungenauer, unbestimmter, unbrauchbarer werden die Angaben für das ermüdete Auge — endlich ist der Untersuchte erschöpft, unsere Geduld ist erschöpft, nur unser Wissen über den eigentlichen Werth von Hm_2 ist sehr wenig erschöpft. Ich weiss, es macht dieses Schauspiel auf den Jünger, der so viel von der „Exactheit" der physikalischen Untersuchung des Auges hörte, einen keineswegs ermunternden Eindruck. Aber die Praxis huldigt nicht immer der Theorie, man darf eben nicht ex cathedra lehren, dass die Bestimmung der manifesten Hypermetropie die einfachste Sache von der Welt sei, man muss vielmehr darauf aufmerksam machen, dass in Folge eines in der grösseren Mehrzahl der Fälle auftretenden Wechselspieles

des Accommodationsmuskels die manifeste Hypermetropie, genauer Hm_2, wenigstens zur Zeit einer bestimmten Untersuchung nicht zu bestimmen sei.

So bekannt das beschriebene Verhalten des hypermetropischen Auges sein muss, so muss andererseits erwähnt werden, dass Aehnliches auch für das myopische Auge gilt, wenn gleich ich da die Schwankungen nur immer in geringerem Bereiche sah. Besonders auffallend ist da der Erfolg der an verschiedenen Tagen vorgenommenen Prüfung des nicht atropinisirten Auges. Es kann geschehen, dass heute ein myopisches Auge mit $-\,{}^1/_{12}$ die grösste Sehschärfe, etwa ${}^{20}/_{40}$ zeigt, und dass es morgen mit demselben Glase eine auffallend geringere, kaum ${}^{20}/_{50}$ darbietet, während mit $-\,{}^1/_{10}$ wieder $S\ {}^{20}/_{40}$ hergestellt wird. Einige Tage später kann die Myopie dann wieder den Werth von ${}^1/_{12}$ haben. Dass wir also, so lange ein Auge im Besitze der Accommodation ist, mit Hilfe von Gläsern höchstens über den momentanen Refractionszustand oder über den Wechsel desselben uns unterrichten, aber nichts Definitives über den wirklichen Fernpunkt erfahren können, ist nach dem Gesagten einleuchtend und am Ende bekannt genug.

Noch ein Wort über die Brauchbarkeit der in Verwendung stehenden Optometer oder Refractionsmesser [1]) zum Zwecke der Fernpunktsbestimmung. Instrumente, wie das Burow'sche und ähnliche, in welchen das zur Bestimmung des Fernpunkts dienende Object nur einige Zoll vom Auge absteht, lassen immer die Möglichkeit offen, dass das Auge, welches das Object sich nahe weiss, zu Accommodationsanstrengungen angeregt wird. Nur bei höhergradiger Myopie wird hierbei der Fernpunkt noch am sichersten bestimmt. Für diesen Fall aber gibt der einfache, ursprüngliche Scheiner'sche Versuch (bei welchem durch zwei in ein Kartenblatt gestochene, in einem den Pupillendurchmesser nicht erreichenden Abstande von einander entfernte Löcher nach einer Nadelspitze gesehen und diese so weit vom Auge entfernt wird, bis sie sich zu verdoppeln anfängt) noch genauere Resultate. Die auf dem Principe des Scheiner'schen Versuches beruhende Thomson'sche Methode, welche in Nordamerika für die Untersuchung von Rekruten von amtswegen eingeführt wurde, hat, wenn sie auch durch Beiziehung von Gläsern (wodurch sie dann eigentlich nur durch das Probeobject von der gewöhnlichen Gläseruntersuchung sich unterscheidet) exact gemacht wird, gerade bei der Rekrutenprüfung den Nachtheil, dass man über die Sehschärfe des Auges nichts erfährt.

[1]) S. pag. 207.

Was den Graefe'schen Refractionsmesser anlangt, so ha selbe in jedem Falle den Vortheil, dass die Prüfung des Fern auf Distanz vorgenommen wird, wesshalb auch bei Anwendu monoculären Instruments störende Accommodation des Auges che durch das Instrument selbst eingeleitet würde, nicht zu bef ist. Das binoculäre Instrument, welches den Zweck hat, die g tete Accommodation dadurch, dass es die Augen zum Paral nöthigt, unmöglich zu machen, wäre zu wirklichen Bestimmun brauchbar, wenn beide Augen immer die gleiche Refraction hätt Nachtheil des Graefe'schen Refractionsmessers liegt (abgesehen dass in dem Exemplare, das ich besitze, die schwach-myopisch unrichtig construirt ist, d. h. dass die am Rohre sichtbaren N der factischen Wirkung der Gläsercombination nicht entsp hauptsächlich darin, dass die vergrössernde Wirkung des Instrum Galilaei'schen Fernrohres) schwankt, je nach dem Absta Objectivs vom Oculare. Aber nicht darin, dass die Sehschärfe dessen nicht unmittelbar bestimmt werden kann, sehe ich den lichen Nachtheil, sondern darin, dass hiedurch die Bestimmung fraction, in specie der Hypermetropie noch schwerer gemacht dies mit Hilfe von Gläsern der Fall ist. Indem mit der Entfern Objectivs vom Ocular der hypermetropischen Scala die Stä durch die Combination repräsentirten Gläser steigt, steigt auc die Vorrückung des zweiten Knotenpunktes des ganzen aus A Fernrohr bestehenden Systems die Grösse des Netzhautbildes in barer Weise, ein Umstand, durch den das beginnende Un werden des Bildes erfolgreich bekämpft wird, und welcher d Angaben des Untersuchten nur mit Vorsicht als richtig anzusehe Ob ein von Snellen [1]) neuerlich in Aussicht gestelltes Ins dass einen kürzeren Operngucker, als dass Graefe'sche, dar technischer Beziehung hinlänglich genau ausgeführt und bei de meidlichkeit der wechselnden Vergrösserung besser brauchbar Graefe'sche, sein wird, muss abgewartet werden.

Aus allem Dem geht hervor, dass die Prüfung mit isolirten G Betreff der Feststellung des momentanen Fernpunktes und der Be der Sehschärfe den Prüfungen mit Optometer und Refractionsme schieden vorzuziehen ist. Selbst die Umständlichkeit der Gläs lässt sich dadurch ziemlich beseitigen, dass man zum Zwecke punktsbestimmung die Gläser in passenden Dimensionen auf

[1]) Graefe's Archiv. XIX. 1. 1873. pag. 87.

Scheiben anbringt — wie ja Loring die seinem Augenspiegel beigegebenen 3 Scheiben mit je 8 Gläsern (die Zahl der Scheiben und Gläser ist natürlich zu dem in Rede stehenden Zwecke zu gering) auch zu optometrischen Zwecken empfiehlt — oder dass die Gläser durch eine mechanische Vorrichtung rasch vor den Augen vorbeigeführt werden können.

Der wirkliche Fernpunkt, die wirkliche Refraction wird dann gefunden werden, wenn auf irgend eine Weise oder bei irgend einem Untersuchungsverfahren die Accommodation ausser Spiel gesetzt wird. Die Mydriatica lähmen bekanntlich den Accommodationsmuskel, nachdem die Pupille durch sie maximal erweitert ward. Aber es genügt, wie die neueren Beobachter erfahren haben, häufig nicht, Einen Tropfen starker Atropinlösung (1:120) einzuträufeln, um die Accommodation vollständig zu lähmen. Es muss das Atropin wiederholt angewendet werden, will man der maximalen Atropinwirkung sicher sein. Aus Hock's früher citirter Krankengeschichte geht aber auch hervor, dass trotz energischer Atropinisirung der Refractionszustand des Auges sich erhöhen kann und ich will hier gleich anführen, dass mir Fälle vorgekommen sind, in welchen nach der energischesten Atropinisirung die Refraction des Auges noch immer höher war, als sie sich bei der Augenspiegeluntersuchung des nicht atropinisirten Auges ergab. Abgesehen davon aber halte ich es wegen der so bedeutenden Störungen, welche durch die Atropinisirung hervorgerufen wird, ich möchte sagen, für unverantwortlich, im Allgemeinen zum Zwecke der Diagnose des Brechzustandes Atropin anzuwenden, da es doch ein so einfaches Mittel gibt die Refraction ohne Hilfe des Atropins festzustellen, die Untersuchung mit dem Augenspiegel nämlich. Seit Jahren fahnde ich nach einer Ausnahme von der Regel, nach welcher sich bei der Spiegeluntersuchung der wahre Brechzustand offenbart, und erst in jüngster Zeit ist es mir gelungen, auf Einen Ausnahmsfall zu stossen, in welchem sogar — man könnte fast sagen: unerhörter Weise — die Spiegelrefraction höher war, als die mit Gläsern gefundene. Es war dies ein Fall von Strabismus convergens bei Hypermetropie. In dieser Kategorie von Fällen, d. i. in jenen, in welchen der Parallelismus der Gesichtslinien verloren gegangen ist, dürften auch ferner die Ausnahmen zu suchen sein. Aber bei Augen ohne Muskelanomalien und mit gemeinschaftlichem Sehacte konnte ich mich bisher von der Ungiltigkeit der von mir schon seit Jahren ziemlich vergebens gepredigten Lehre nicht überzeugen.

Es muss übrigens irgendwo der Grund liegen, warum die Refractionsbestimmung mit Hilfe des Spiegels im Allgemeinen auf so grosse Schwierigkeiten stösst. Hock hat vor Jahren bei Gelegenheit einer

Kritik meiner Angaben, darauf aufmerksam gemacht, dass der höhergradige Myope sich dabei im Vortheil befindet. In der That! Mein Fernpunkt liegt z. B. in 6". Sowie ich die höhergradige Myopie des Untersuchten nicht bloss durch das Sichtbarwerden des umgekehrten Bildes erkenne, sondern ohne weitere Vorrichtung auch sehr leicht den Grad der Myopie bei dieser Untersuchungsweise bestimmen kann, ebenso ist die Refractionsbestimmung im aufrechten Bilde erleichtert. Indem ich weiss, dass ich ohne Brille keine Accommodationsanstrengung brauche, um selbst nahegelegene Objecte zu sehen, reizt auch die Nähe des bei der Spiegelprüfung betrachteten Objectes mein Auge nicht zur Accommodation. Nun, ich für meine Person, meine Herren, hätte mir auch schon wenn ich nicht Myope wäre, das Accommodiren bei der Augenspiegeluntersuchung abgewöhnen können, aber Sie ersehen daraus, dass dies dem höhergradig Kurzsichtigen überhaupt leichter gelingt. Uebrigens ist dies der geringere Vortheil. Auch der Emmetrope, der bei der Spiegelprüfung im Beginne fast immer accommodirt, kann diesen Grad der aufgewendeten Accommodation empirisch bestimmen [1]). Nur muss in letzterer Hinsicht bedacht werden, dass bei fortgesetzter Uebung die beim Ophthalmoscopiren unwillkürlich auftretende Accommodationsgrösse abnimmt und schliesslich nicht selten Null wird, so dass der Untersucher, um nicht die Refraction, die er ursprünglich richtig beurtheilte, späterhin unrichtig zu bestimmen, von Zeit zu Zeit in der am citirten Orte angegebenen Weise die Refraction, die dem Auge während der Spiegeluntersuchung zukommt, so lange controliren muss, bis es ihm gelungen ist, ohne Accommodationsanstrengung zu augenspiegeln. Der grössere Vortheil, den das Auge mit höhergradiger Myopie bei Bestimmung des Brechzustandes im aufrechten Bilde geniesst, ist folgender. Wenn ich beim Beginne der Untersuchung, nach Prüfung der brechenden Medien, ohne jedes Correctionsglas nahe an das untersuchte Auge herangehe, so sehe ich den Augengrund entweder deutlich oder undeutlich. Sehe ich deutlich (ein Umstand aus dem der emmetropische Untersucher, der im Besitze der Accommodation ist, keinen unmittelbaren Schluss ziehen kann) so habe ich damit nicht blos hochgradige Hypermetropie — mindestens $H\,{}^1/_5$, da der Abstand des Knotenpunktes meines Auges von jenem des untersuchten nicht weniger als 1" betragen kann — nachgewiesen, sondern ich kann eben sofort die Hypermetropie ihrem Grade nach noch genauer bestimmen, ich brauche nur zu sehen wie weit ich mich vom Auge entfernen kann (oder wenn ich

[1]) Siehe Ophthalmoscopie pag. 172 und 173.

nicht accommodire, entfernen muss) ohne dass die Details im Augengrunde undeutlicher werden. Ist d (der Abstand des Knotenpunktes meines Auges von jenem des untersuchten) z. B. $= 2''$, dann besteht $H^1/_6$; wäre $d = 3^1/_2''$, dann wäre $H = {}^1/_{2^1/_2}$. Hochgradige Hypermetropie von $^1/_5$ aufwärts bestimmt also der Myope mit $M^1/_6$ dem Grade nach ohne Anwendung eines Glases. Für jede andere Refraction des untersuchten Auges, also für Hypermetropie $< {}^1/_5$, für Emmetropie und Myopie braucht dieser myopische Untersucher nur Eine Art von Gläsern, nämlich nur Concavgläser. Er orientirt sich unbestritten leichter und rascher in dem Grade der Refraction des untersuchten Auges, als der Emmetrope oder der Myope mit Myopie geringen Grades. Für genaue Refractionsbestimmungen ist natürlich unumgänglich nothwendig, dass in den Spiegel sämmtliche Gläser des Brillenkastens eingelegt werden können, und einer sonderbaren Bemerkung Woinow's gegenüber, nach welcher alle meine Angaben über Refractionsbestimmung mit Hilfe des Spiegels nicht ernst zu nehmen seien, weil in der compendiösen Form, die ich dem Jaeger'schen Spiegel gegeben, die Gläser des Brillenkastens nicht anzubringen sind — erlaube ich mir nur das Eine zu entgegnen, dass in Betreff dieses Punktes in der Ophthalmoscopie pag. 110 wörtlich Folgendes zu lesen ist: „Es ist jedoch auch die Möglichkeit gegeben, dass zwischen dem Diaphragma und dem dahinter einzufügenden Ringe die gewöhnlichen grossen Gläser der Brillenkasten eingelegt werden können."

In sehr bequemer Weise hat Loring in seinem Augenspiegel die Correctionsgläser auf drehbaren Scheiben angebracht. Der Loring'sche Spiegel (ein Meisterwerk amerikanischer Technik ist das von H. W. Hunter Optician 1132 Broadway New York gelieferte Instrument, das unter Anderen auch von F. Fritsch, Alserstrasse 17, Wien und von Pätz & Flohr in Berlin gearbeitet wird), enthält, wie schon erwähnt, drei solche Scheiben mit je 8 Gläsern. Eine Scheibe enthält die Concavgläser: 48, 24, 16, 12, 10, 8, 7, 6; die zweite die Convexgläser: 0, 48, 24, 16, 12, 10, 8, 7; die dritte endlich Concav 5, 4, 3, 2 und Convex 6, 5, 4, 3. Man kann natürlich die Zahl der Scheiben vermehren und die Nummern der Gläser nach eigenem Ermessen modificiren; aber Eine Aenderung in der Anordnung der Gläser möchte ich empfehlen und zwar die, dass auf der ersten Scheibe sich nebst dem leeren Loche (dem Nullglase) die schwachen Concav- und Convex-Gläser gleichzeitig befinden, damit man bei Brechzuständen, die um Emmetropie herumschwanken, abwechselnd schwache Concav- und Convexgläser rasch vor das Auge führen könne. Die drei Loring'schen

Scheiben würden also besser so eingerichtet, dass die eine + 16, + 2 + 48, 0, — 48 — 24, — 16, — 12, die zweite die Concavgläser 1 bis 2, die dritte endlich die Convexgläser 12 bis 3 trüge. Der Ametrope kann in die Scheiben solche Gläser einschleifen lassen, dass sie für ihn denselben Werth repräsentiren, wie die oben genannten Gläser für den Emmetropen. Wird der Untersucher z. B. durch Concav 6 corrigirt, dann befindet sich dort wo die Scheibe + 6 anzeigt, ein leeres Loch (oder ein Planglas); bei 0 trägt die Scheibe Concav 6; wo an der Scheibe — 6 steht, ist concav 3 einzuschleifen u. s. w. Loring hat thatsächlich die ganz besondere Aufmerksamkeit gehabt, in einem Spiegel, den er mir zu dediciren so freundlich war, die Gläser meiner Myopie entsprechend einfügen zu lassen. Es sei noch erwähnt, dass Cohn neuerlich alle 24 Gläser auf Einer drehbaren Scheibe hat anbringen lassen, und dass v. Wecker einen compendiösen Spiegel mit Einer, 24 Gläser tragenden, durch ein Zahnrad bewegten Scheibe bei A. Crétès in Paris construiren liess.

Aus diesen Erörterungen geht hervor, dass der Refractionszustand immer zunächst mit dem Spiegel zu bestimmen und die darauf folgende Bestimmung des momentanen Fernpunktes unter der Controle des Augenspiegelergebnisses vorzunehmen sei. Es wird nur in den äussersten Ausnahmsfällen bei sich ergebenden Widersprüchen nothwendig werden, zum Zwecke der Diagnose des Brechzustandes Atropin anzuwenden.

So wie der Augenspiegel für die Bestimmung des Refractionszustandes von unschätzbarem Werthe ist, so spielt er auch eine gewisse Rolle bei der Entscheidung der Frage, ob ein bestimmter optischer Fehler in abnormer Länge der Augenaxe oder in abnormer Brechkraft des dioptrischen Systems bedingt ist. Ich habe gezeigt, dass sich die ophthalmoscopische Vergrösserung je nach der Ursache des Fehlers verschieden verhält. Da aber meine Angaben über die Augenspiegel- und Loupenvergrösserung vielfach missverstanden worden sind, so halte ich die Gelegenheit für passend auf den Gegenstand noch einmal zurückzukommen und zwar um so mehr, als ich glaube, für die Loupenvergrösserung einen absoluten Werth angeben und so die vielfach ventilirte Lehre dieser Vergrösserung zu einem gedeihlichen Abschluss bringen zu können.

Fünfzehnte Vorlesung.

Ueber Loupen- und ophthalmoscopische Vergrösserung.

Meine Herren! Wenn man von Loupenvergrösserung spricht, muss man die scheinbare Grösse des virtuellen Loupenbildes von der wirklichen Vergrösserung des Objectes unterscheiden. Die sog. scheinbare Vergrösserung eines Objectes kommt dadurch zu Stande, dass das von demselben entworfene Netzhautbild in eine grössere Entfernung projicirt wird, als sich das Object thatsächlich befindet. Würde, was nicht an und für sich widersinnig wäre, das Loupenbild dorthin projicirt werden, wo das Object thatsächlich liegt, dann käme niemals eine scheinbare Vergrösserung zu Stande und Jene, welche den Fehler begehen, die durch eine Loupe erzeugte Vergrösserung nach der scheinbaren Grösse des virtuellen Bildes zu beurtheilen und zu berechnen, würden in diesem Falle zu dem Schlusse kommen, dass die stärkste Loupe und das stärkste einfache Mikroscop überhaupt nicht vergrössern.

Es ist längst bekannt, dass die scheinbare Grösse, also der scheinbare Durchmesser eines durch eine Loupe betrachteten Objectes je nach der Entfernung variirt, in welche das virtuelle Bild thatsächlich projicirt wird, und daher um so mehr wächst, je weiter die Projectionsebene entfernt liegt. Ja, um den scheinbaren Durchmesser eines Objectes zu vergrössern, bedarf es, was übrigens auch keine neue Thatsache ist, nicht einmal eines optischen Instrumentes. Wenn ein Myope — ich spreche immer nur vom monocularen Sehact — sich über die wirkliche Lage eines in seinem (des Myopen) Fernpunkte gelegenen Objectes zu täuschen, d. h. es in eine grössere Entfernung zu verlegen gelernt hat, so sieht er es entsprechend grösser, ohne dass es in diesem speciellen Falle auch nur undeutlicher würde. Auch dürfte Jedermann schon unwillkürlich hieher gehörige Beobachtungen gemacht haben. Es kommt, um ein ganz gewöhnliches Beispiel aufzuführen, vor, dass wenn man im Hintergrunde eines Zimmers stehend durch das geschlossene Fenster in die Ferne blickt, man einen grossen schwarzen Vogel auf der Strasse rasch vorbeifliegen zu sehen vermeint, während man bald darauf gewahr wird, dass es eine — Fliege war, welche in allergrösster Nähe vor dem Auge vorbeischoss. Indem die Aufmerksamkeit auf entfernte Gegenstände gerichtet war, verlegte man ein weit innerhalb eines durchsichtigen Diaphragmas gelegenes Object in grössere Entfernung und zwar nach aussen von jenem durch-

sichtigen Schirme, dessen Anwesenheit allerdings zum Zustandekommen solcher Täuschungen wesentlich beiträgt.

Es kann also die scheinbare Grösse des virtuellen Bildes des durch eine Loupe betrachteten Objectes beliebig wachsen, kann sehr gross werden, muss aber natürlich immer endlich bleiben. Denn der Ausdruck: unendliche Vergrösserung ist ein unfassbarer Begriff, eine reale Unmöglichkeit. Die theoretische Schulformel für Loupenvergrösserung ergibt allerdings, dass wenn ein Object im Brennpunkte einer Loupe sich befindet, das virtuelle Bild in unendlicher Entfernung liegt und unendlich gross ist. Man kann diesen Ausdruck von Seite der Theorie gelten lassen, wenn man darunter nur verstanden wissen will, dass die von jedem Punkte des im Focus einer Convexlinse stehenden Objectes kommenden Strahlen nach der Brechung durch die Linse eine solche Richtung angenommen haben, als ob sie von einem in unendlicher Entfernung gelegenen Punkte herkämen. — Natürlich ist, sowie die unendliche Vergrösserung eine theoretische Fiction, aber eine reale Unmöglichkeit ist, auch eine unendliche Entfernung nur theoretische Fiction, ein unfassbarer Begriff, eine reale Unmöglichkeit, da es begreiflicher Weise keinen leuchtenden Punkt gibt, der wirklich paralleles Licht aussenden würde.

Es ist desshalb nicht zulässig, noch in unseren Tagen die Thesis aufzustellen, dass für einen nicht accommodirenden emmetropischen Untersucher, das Bild eines Augenhintergrundes, sei es dass das untersuchte Auge emmetropisch oder durch Vorsetzen eines sphärischen Glases emmetropisch gemacht worden ist, unendlich entfernt und unendlich gross sei, d. h. allgemein gesprochen, dass die Bilder, welche das schwächste Convexglas, das stärkste einfache Mikroscop, die Brücke'sche Loupe und das Galilaei'sche Fernrohr von einem Objecte entwerfen, vorausgesetzt dass das Object im Brennpunkte der Linse, Loupe oder des einfachen Mikroscops steht, beziehungsweise, dass die von jedem einzelnen Punkte des Objectes kommenden Strahlen nach ihrem Durchgange durch die Brücke'sche Loupe oder das Galilaei'sche Fernrohr unter einander parallel sind — unendlich entfernt und unendlich gross, also auch alle unter einander gleich sind, daher alle diese Instrumente gleich stark vergrössern — in den Augen jener nämlich, welche die Loupenvergrösserung nach der scheinbaren Grösse der virtuellen Bilder berechnen. Es ist zwar behauptet worden, dass die Vergrösserungen in allen diesen Fällen doch nicht gleich sind, weil der Gesichtswinkel, unter welchem das Bild erscheint, ein verschiedener ist. Das unendlich grosse Bild des emmetropischen Auges ist demnach kleiner als das

endliche grosse Bild des myopischen durch ein entsprechendes Concav-
s corrigirten Auges, aber grösser als das unendlich grosse Bild des
rrigirten hypermetropischen Auges. Man darf mit solchen Behauptungen,
ss ein unendlich grosses Bild überhaupt noch grösser als unendlich
rden kann, und dass es grösser und kleiner als unendlich wird und
bei doch immer noch unendlich gross bleibt, nicht spielen. Die Mathe-
tik, auch die Integralrechnung in specie erlaubt sich solche Annahmen
ht. Begreiflich ist dagegen, dass wenn ein Object mit verschiedenen
pen und dadurch unter verschieden grossem Gesichtswinkel angesehen
d, die virtuellen Bilder dieses Objectes, in die gleiche, natürlich
uer endliche Entfernung projicirt, verschieden gross erscheinen,
r wieder nicht begreiflich ist, dass, wenn wie Solches angegeben wird,
factisch gleich grossen Bilder verschieden brechender Augen
ein und dieselbe Distanz projicirt werden, ungleich gross erscheinen
desshalb, weil die Gesichtswinkel ungleich gross sind. Mir
eint es nämlich, dass wenn factisch gleich grosse Bilder in eine und
elbe Distanz projicirt werden, dieselben auch gleich gross und unter
ch grossem Gesichtswinkel gesehen werden müssen.

Es lohnt vielleicht nicht der Mühe, nochmals darauf hinzuweisen,
s wenn von zwei Loupen die eine ein grösseres, die andere ein kleineres
zhautbild von einem Objecte entwirft und das kleinere Netzhautbild
eine grössere Entfernung als das grössere projicirt wird, die virtuellen
der unter Umständen gleich gross erscheinen können oder dass
virtuelle Bild, welches dem kleineren Netzhautbilde entspricht,
en grösseren scheinbaren Durchmesser aufweisen kann, als das andere,
n grösseren Netzhautbilde zugehörige. Nur geht es wieder nicht an,
s von einer Seite, von welcher in neuerer Zeit auf diese Thatsachen
erdings hingewiesen wird, die Augenspiegelvergrösserung schliesslich
h nach der scheinbaren Grösse der virtuellen Bilder berechnet
l die Berechnung nach der wirklichen Grösse der Netzhautbilder für
nlos erklärt wird.

Das Auge ist sich niemals bewusst, in welche Entfernung das
zhautbild factisch projicirt wird, um so weniger, wenn es sich, wie
s bei der Loupenuntersuchung von mir angenommen wird, im Zustande
Accommodationsruhe befindet. Das Auge sieht — ich wiederhole,
ich schon an anderer Stelle hervorgehoben — einen sehr nahen
genstand, den es durch die Loupe betrachtet und dessen Entfernung
annt ist, falls das Urtheil in Betreff dieser Entfernung nicht beirrt

wird, dort wo er wirklich ist und wir sehen daher auch den Augengrund eines emmetropischen Auges in sehr grosser Nähe vor uns liegen. Niemals wird es uns bewusst, in welchem Abstande das virtuelle Bild thatsächlich liegt und es ist nicht zutreffend, wenn behauptet wird, dass wir die Entfernung des Bildes zwar nicht kennen, es aber unmöglich in einer Entfernung von $1^1/_2$'' vermuthen können, weil wir von einem Objecte, das $1^1/_2$'' von uns absteht, niemals ein deutliches Bild erhalten.

Da ich, der ich Myopie $^1/_6$ habe, ohne ein optisches Instrument nur Objecte, welche zwischen 3 und 6 Zoll vor meinem Auge liegen, deutlich sehen kann, so würde daraus folgen, dass ich einen Gegenstand, den ich durch eine optische Vorrichtung betrachte, niemals über 6'' hinaus oder über 3'' herein verlegen könnte, weil eben aus allen Abständen jenseits 6'' und diesseits 3'' undeutliche Bilder auf meiner Netzhaut entworfen werden. Ja, die Lehre von der theoretischen Lage der virtuellen Bilder, wenn man dieselbe in's Praktische zu übertragen nicht ansteht, wird so recht zu Schanden an der Art und Weise, wie ein Myope z. B. durch sein corrigirendes Concavglas sieht. Wenn ich meine Myopie corrigire, so entwirft das Concavglas theoretisch von unendlich entfernten Objecten virtuelle Bilder, welche in meinem Fernpunkte, also 6'' vor meinem Augenknotenpunkte liegen. Folglich kann ich das entfernteste Object nicht weiter als in 6'' Abstand und in Folge dessen auch nur über alle Massen verkleinert sehen. Diese theoretische Deduction hat meiner Ansicht nach genau denselben Sinn, als jene, nach welcher für einen Emmetropen, der ein im Brennpunkte einer Loupe stehendes Object betrachtet, ein unendlich entferntes und unendlich grosses Bild zu Stande kommt.

Niemals wird es mir bewusst oder ist es je einem Myopen bewusst geworden, in welcher Entfernung die virtuellen Bilder liegen, aber soviel ist gewiss, dass der Myope entfernte Objecte dort „vermuthet," wo sie wirklich sind, wiewohl er aus jenen Entfernungen ohne optische Hilfsmittel keine deutlichen Netzhautbilder erlangen kann. Ebenso „vermuthet" man bei der Loupenuntersuchung das Object, dessen Lage man kennt und über dessen Lage man nicht auf eine dem Urtheile sich entziehende Art und Weise getäuscht wird, dort, wo es wirklich ist, und durchaus unrichtig ist es, dass das virtuelle Bild, falls es wirklich immer innerhalb der deutlichen Sehweite läge, auch in derselben vermuthet werden muss. Wäre dies Letztere richtig, wüsste man, wo das virtuelle Bild liegt, dann wären ja alle jene Versuche unnöthig, welche die Eruirung der Projectionsentfernung der virtuellen Bilder sich zur Aufgabe machen.

Aber abgesehen davon, dass man das virtuelle Bild nicht dort ermuthet, wo es wirklich liegt, ist es noch dazu unrichtig, dass das irtuelle Bild thatsächlich immer in die deutliche Sehweite projicirt ird. Speciell für die Augenspiegeluntersuchung kann das Irrthümliche ieser Behauptung auf eclatante Weise gerade durch die Art und Weise achgewiesen werden, in welcher die beiden Beobachter, welche über ugenspiegelvergrösserung ausführlicher gehandelt haben, ich und chweigger nämlich, das Bild des Augengrundes sehen. Meine Sehweite reicht nicht weiter als bis zu 6", dennoch sehe ich den Augengrund eines emmetropischen Auges im aufrechten Bilde gerade so gross, s ihn Ed. v. Jaeger, der Emmetrop ist, zeichnet. Da die Grösse des rtuellen Bildes seiner Lage entspricht, so muss ich das virtuelle Bild eine Entfernung von c. acht Zoll, also über meine deutliche Sehweite naus verlegen, trotzdem das Concavglas, welches mir überhaupt das utliche Sehen des Augengrundes ermöglicht, von einem Objecte, das aralleles Licht aussendet, nur in meinem Fernpunkte ein virtuelles ld entwirft. Ebenso gross, wie ich, sehen den Sehnerven auch noch urzsichtige mit Myopie viel höheren Grades. Schweigger hingegen t soviel ich weiss Emmetrope, und im besten Mannesalter stehend irfte er seinen Nahepunkt in 8, höchstens in 7" haben. Trotzdem eht Schweigger das Bild des Grundes eines emmetropischen Auges rade um die Hälfte im Durchmesser kleiner, als ich es sehe, muss daher in den Abstand von vier Zoll, also weit diesseits seines ahepunktes verlegen. Es würde recht gut mit der Behauptung stimen, dass das virtuelle Bild immer innerhalb der deutlichen Sehweite gen muss, es würde diese Angabe nicht bloss für das emmetropische, ndern auch für das myopische Auge Geltung haben, falls nur ich id andere Myopen das Bild so gross sehen würden, als es Schweigger atsächlich sieht, und falls Schweigger es so gross sähe, als es mir scheint. In Folge des factischen Thatbestandes hat aber dieser (übrins für die richtige und einzig mögliche Berechnungsart der Loupenrgrösserung vollkommen gleichgiltige) Satz keine Richtigkeit. welchen Consequenzen es jedoch führt, wenn man neuerdings die oupenvergrösserung wieder nach der scheinbaren Grösse des Bildes rechnen will, mag z. B. gerade an der oben angeführten Thatsache ar werden. Schweigger sieht einmal das virtuelle Bild des Augenundes immer um die Hälfte kleiner, als v. Jaeger und viele Andere sehen, mithin würde daraus folgen, dass die Vergrösserung, unter lcher sich der Augengrund stets v. Jaeger darbietet, doppelt so gross , als jene, unter welcher Schweigger sieht.

Die bisherigen Betrachtungen über die scheinbare Grösse des virtuellen Bildes, so nothwendig dieselben auch sein mögen, um die herrschenden Irrthümer in Betreff der Loupenvergrösserung beseitigen zu helfen, haben nicht den allergeringsten Werth für die Beantwortung der Frage, welches die wirkliche Vergrösserung sei, die durch eine Loupe gesetzt wird. Zu dem Ende muss ich allerdings erst definiren, was man unter Vergrösserung eines Objectes zu verstehen hat. Es könnte vielleicht bei dem hochgepriesenen wissenschaftlichen Standpunkte der Augenheilkunde kühn erscheinen, die Kenntniss eines so elementaren Begriffes nicht vorauszusetzen. Aber leider liegen Thatsachen vor, welche wirklich Zeugniss dafür ablegen, dass nicht allgemein verstanden wird, was man unter Vergrösserung zu verstehen habe. Einer meiner Kritiker, Dr. Hock, schreibt am 13. September 1868 in Nr. 37 der „Wiener med. Presse" wörtlich: „Wenn ich nun beweisen soll, warum die Mauthner'sche Vorstellung von der Vergrösserung unrichtig ist, so ist diess für mich sehr schwer, indem" — wir sind auf die wissenschaftlichen Gründe gespannt — „ich die Absicht habe, in kurzer Zeit einen Beitrag zur Lehre von der Loupe zu veröffentlichen und bei dieser Gelegenheit nicht aus der Schule schwatzen mag." Zum Glücke aber wird doch so viel aus der Schule geschwatzt, dass wir erfahren: „Wenn die Mauthner'sche Vorstellung richtig wäre, so müssten wir einen Gegenstand in 4″ 2mal so gross als in 8 und 4mal so gross als in 16″ halten." Und schon früher heisst es: „Beide, Panum sowie Mauthner berechnen nur (!!) die Vergrösserung des Netzhautbildchens, die aber noch lange nicht die scheinbare Vergrösserung ist." Das Letztere ist richtig. Nein, die wirkliche Vergrösserung ist noch lange nicht die scheinbare Grösse des virtuellen Bildes!

Genau dieselben Gedanken wie Hock entwickelt Schnabel im Aprilhefte 1872 von Zehender's Monatsblättern für Augenheilkunde. Auch da heisst es zur Entkräftung meiner Berechnungweise wiederum wörtlich: „Sehen wir einen Gegenstand von bekannter Grösse z. B. einen Schlüssel von 4″ Länge erst in 6″, dann in 8″, 10″, 12″ Entfernung an, so wird trotzdem das Netzhautbild im ersten Falle noch einmal so gross sein (ist?) als im letzteren der Schlüssel doch stets gleich gross erscheinen." Ich muss also wirklich darauf aufmerksam machen, dass ein Gegenstand in 4″ Entfernung wirklich unter einer 4mal so starken Vergrösserung gesehen wird, als wenn der Gegenstand in 16″ liegt und dass ein Schlüssel wirklich in 6″ Entfernung doppelt so stark vergrössert ist, als wenn er 12″ entfernt ist. Dass geglaubt wird,

die scheinbare Grösse sei die wirkliche Vergrösserung; dass geglaubt wird, es sei nöthig, die Thatsache entgegenhalten zu müssen, dass ein Schlüssel in der Entfernung von 6 und 8″ gleich gross erscheint, das ist nicht meine Schuld. Ich habe den Grundfehler nicht begangen, aus der scheinbaren Grösse eines Objectes unmittelbar auf dessen Vergrösserung zu schliessen. Ein Object unter einer bestimmten Vergrösserung sehen, heisst in Folge einer bestimmten Grösse seines Netzhautbildes Details von bestimmter Feinheit in demselben erkennen. Wenn ich einen Schlüssel in der Entfernung von 6″ ansehe, so sehe ich an demselben doppelt so feine Details als aus der Entfernung von 12″. Wenn sich auf der Oberfläche des Schlüssels eine so feine Punktirung findet, dass erst bei Annäherung auf 6″ die Netzhautbilder der Punkte und ihrer Zwischenräume so gross werden, dass die Punkte getrennt wahrgenommen werden können, so sehe ich im Abstande von 6″ Details des Schlüssels, die ich auf die Entfernung von 8″ nicht mehr sehe. Wie gross mir der Schlüssel in toto dabei erscheint, ob ich ihn in den verschiedenen Distanzen gleich gross oder nicht gleich gross schätze, das ist für die Beurtheilung der wirklichen Vergrösserung so vollkommen gleichgiltig, dass nur durch das gänzliche Verkennen dessen, worauf es bei der Loupenvergrösserung eigentlich ankommt, der scheinbaren Grösse des Objectes oder seines virtuellen Bildes irgend eine Bedeutung beigemessen werden kann.

Ich berechne nun die Augenspiegel- und Loupenvergrösserung in folgender Weise. Ich nehme an, dass der emmetropische Untersucher ohne Zuhilfenahme eines optischen Instrumentes bei der Betrachtung und Untersuchung eines Objectes sich in einer Entfernung von 8″ hält. Eine grössere Arbeitsnähe für einen emmetropischen Untersucher anzunehmen, geht nicht an. Emmetropische Kinder können allerdings in grösserer Nähe andauernd arbeiten, aber man bedenke, dass doch nur Erwachsene wissenschaftliche Untersuchungen vorzunehmen pflegen. Will man also in einem Objecte feinere Details erkennen, als sich in einem Abstande von 8″ effectuiren lässt, so lässt sich diess durch beliebige Annäherung des Objectes mit Hilfe einer Loupe erreichen. Ein Emmetrop wende z. B. eine Loupe von 6·7 L. B. W. an und bringe das Object in den Brennpunkt der Loupe. Der Abstand zwischen dem optischen Centrum des Auges und jenem der Loupe ist ebenso wie der Umstand zu vernachlässigen, dass man mit blossem Auge für 8″ accommodirt, während die Loupenuntersuchung ohne Accommodationsanstrengung vorgenommen wird. Indem nun das Netzhautbild des Objectes 14½mal so gross ist als dasjenige, welches beim Abstande des Ob-

jectes von 8″ von letzterem entworfen wird, erkennt der Untersucher durch eine solche Loupe in dem Objecte $14^1/_3$mal so feine Details, als er diess mit freiem Auge bei der Entfernung des Objectes von 8″ zu thun vermag. Man erhält daher mit dieser Loupe eine $14^1/_3$malige Vergrösserung, oder es erscheint das Object unter $14^1/_3$maliger „Vergrösserung." Wie „gross" das virtuelle Bild des Objectes hierbei sich zeigt, ist für die „Vergrösserung" vollkommen gleichgiltig. Die Vergrösserung wäre natürlich immer dieselbe, immer eine $14^1/_3$fache, wenn das virtuelle Bild an der Stelle des Objectes läge, also gar keine scheinbare Vergrösserung zu Stande käme. Das ist nun thatsächlich allerdings niemals der Fall. Ob nun aber ein Emmetrop die Papille eines emmetropischen Auges (wobei mit einer Loupe von beiläufig 6·7‴ B. W. untersucht wird) so „gross" sieht, wie sie v. Jaeger zeichnet, oder ob ein zweiter Emmetrop sie im Durchmesser um die Hälfte kleiner, also in der Art wie Schweigger sieht; oder endlich ob ein dritter Emmetrop sich das Vergnügen macht, dem virtuellen Bilde einen Durchmesser von 430 M.M. zu geben und es in sogenannter 286facher Vergrösserung zu sehen — das ist für die wirkliche Vergrösserung, unter welcher das Object erscheint, durchaus und vollständig einerlei. Alle drei Untersucher sehen unter vollkommen gleicher Vergrösserung, alle Drei sehen Details von gleicher Feinheit in dem Objecte und wenn ihre Sehweite 8″ beträgt, so sehen sie alle Drei unter $14^1/_3$facher Vergrösserung, d. h. sie sehen mit Hilfe des dioptrischen Systems des untersuchten emmetropischen Auges in der Papille $14^1/_3$mal feinere Details als sie in ihr sehen würden, falls sie dieselbe mit freiem Auge in der Entfernung von 8″ betrachteten.

Da diese Berechnungsweise mit der scheinbaren Grösse des virtuellen Bildes nichts gemein hat, so kann, und dies liegt in der Natur der Sache, aus der wirklichen Vergrösserung nicht die wirkliche Grösse des Objectes ersehen werden. Die wirkliche Grösse des Objectes, deren Eruirung aber nicht im Entferntesten mit der Loupenuntersuchung zusammenhängt, kann dann bekannt werden, wenn dessen scheinbare Grösse und der Abstand des Objectes, sowie seines virtuellen Bildes bekannt ist. Wenn nun v. Jaeger das virtuelle Bild der Papille eines emmetropischen Auges 14mal so gross zeichnet, als die Papille wirklich ist, so hat dieser Umstand mit der Art und Weise, wie ich die Vergrösserung berechne, nicht das Mindeste zu thun und es ist sonnenklar, dass ich, wiewohl ich mich in meinem Lehrbuche der Ophthalmoscopie auf v. Jaeger's Atlas beziehe, doch nicht zum Beweise der Richtigkeit meiner Berechnungsart die Grösse der Jaeger'schen Bilder in

dessen grossem Atlas anrufen konnte. Das habe ich auch thatsächlich an keiner Stelle gethan. Ueberhaupt gebrauche ich den Ausdruck „grösser" und „kleiner" nur, wenn ich von der scheinbaren Vergrösserung spreche und unterscheide immer scharf zwischen wirklicher und scheinbarer Vergrösserung, daher zwischen dem Einfluss, den die Grösse des Netzhautbildes einerseits, anderseits die Accommodationsanstrengung z. B. ausübt. An keiner Stelle habe ich erklärt, dass ein Untersucher in Folge der von mir gegebenen Art der Berechnung der Vergrösserung die Papille $14^1/_3$mal grösser sieht, **als sie wirklich ist.** Ja ich beginne sogar „den mathematischen Theil über Loupenvergrösserung" [1]) mit den Worten: „Wir dürfen hiebei ein Wort über die scheinbare Vergrösserung der Objecte nicht unterdrücken." Daraus geht doch selbst für Denjenigen, der nur diese Worte, meine Abhandlung aber gar nicht gelesen hätte, hervor, dass in der bogenlangen Erörterung schwerlich die scheinbare Grösse des virtuellen Bildes behandelt werden dürfte. Ich verwahre mich dagegen, dass man mir diese Behauptung imputirt. Ich kann Niemand zwingen, meine, wie ich glaubte, hinlänglich klare Darstellung zu verstehen, aber ich kann wohl mit Recht verlangen, dass man meinen Worten nicht eine unsinnige Deutung unterlegt. Aber- und abermals muss ich hervorheben, dass es für die Vergrösserung, unter welcher ein Object erscheint, oder welche ein Object darbietet, vollkommen gleichgiltig ist, wie gross oder wie klein das virtuelle Bild einem speciellen Beobachter erscheint und dass aus der Grösse des virtuellen Bildes durchaus kein unmittelbarer Schluss auf die Vergrösserung des Objectes gezogen werden kann.

Es ist anderseits begreiflich, dass einem Untersucher, der wirklich eine geringere Arbeitsweite als jene von 8″ hat, (selbst wenn ein deutliches Bild auf der Netzhaut des Beobachters noch für den Fall dass das Object im Brennpunkte der Loupe steht, entworfen wird) eben diese Loupe eine relativ geringere Vergrösserung liefert. Er wird mit Hilfe dieser Loupe zwar noch dieselben Details erkennen, wie ein Anderer, dessen Arbeitsweite 8″ beträgt, die absolute Vergrösserung, (für welche einen brauchbaren Ausdruck anzugeben wir bestrebt sein werden) wird zwar dieselbe sein, aber während ein Beobachter mit der Arbeitsweite von 8″ mit einer Loupe von 6·7‴ B. W. 14mal feinere Details als mit freiem Auge erkennt, wird Derjenige, dessen Arbeitsweite 4″ beträgt und welcher dabei noch von dem im Brennpunkte der Loupe stehenden Objecte ein deutliches Bild bekommen kann, nur 7mal feinere

[1]) Ophthalmoscopie, pag. 213.

Details mit Hilfe der Loupe wahrnehmen, als er mit freiem Auge zu thun im Stande ist.

Ist der Untersucher nicht accommodirender Emmetrop, sondern Myop mit $M^1/_4$, kann er also überhaupt nicht mit parallelen Strahlen sehen, muss das Object zwischen Brennpunkt und Loupe gebracht werden, damit überhaupt ein deutliches Bild auf der Netzhaut entsteht, dann wird das Netzhautbild kleiner und es wird daher nicht blos die relative, sondern auch die absolute Vergrösserung geringer. Dass ein Myope trotzdem im Augengrunde eines Emmetropen dieselben Details erkennt, wie der emmetropische Untersucher, rührt einfach daher, dass das Object seinen Ort im Brennpunkte der Loupe nicht verlassen kann und der Myop daher eine Brücke'sche Loupe (Concavglas und dioptrisches System des untersuchten Auges) in Anwendung ziehen muss, um den Augengrund deutlich zu sehen. Die relative Vergrösserung bleibt allerdings geringer, weil der Myop, natürlich vorausgesetzt, dass seine Sehschärfe der des Emmetropen gleich ist, mit freiem Auge feinere Details zu erkennen vermag, als der Emmetrop. Ich sehe mit freiem Auge Dinge, die ein Emmetrop absolut nicht sehen kann, weil er sich dem Objecte nicht so stark anzunähern im Stande ist. Ich kann diese selbstverständliche Thatsache tagtäglich bei der Untersuchung von Hornhautkrankkeiten z. B. constatiren und erinnere mich noch sehr wohl, wie ich vor Jahren die beginnende Furchung des Froscheies mit freiem Auge schon zu einer Zeit sah, als der den betreffenden Gegenstand bearbeitende emmetropische und normal accommodirende Prof. Stricker nur mit Hilfe der Loupe die Sache wahrnehmen konnte. Mir vergrössert thatsächlich eine Loupe, caeteris paribus, weniger, als einem Emmetropen, d. h. ich sehe mit der Loupe nicht so vielmal feinere Details, als der Emmetrop, im Vergleiche zur Untersuchung mit freiem Auge.

Ist anderseits der Untersucher ein emmetropischer Presbyop, der nur noch in der Entfernung von 12″ deutlich sehen kann, so wird diesem die gleiche Loupe eine relativ wesentlich stärkere Vergrösserung liefern, d. h. dieser Presbyop wird mit einer Loupe von 6·7‴ B. W., in deren Brennpunkte sich das Object befindet, dieselben Details sehen, wie der Emmetrop, der seine Arbeitsweite in 8″, resp. in 4″ hat, aber er wird mit der Loupe 21mal so feine Details erkennen als mit freiem Auge. Dieser Presbyop braucht begreiflicher Weise schon eine Loupe von bestimmter Brennweite, um in einem Object jene Details zu sehen, welche ein für 4″ accommodirender Emmetrop oder ein nicht accommodirender Myop mit $M^1/_4$ mit freiem Auge sieht. Was soll man nun gegenüber dem folgenden Ausspruche sagen: „Der Untersucher sieht die mit freiem

Auge angesehene, unmittelbar vor ihm liegende Papille gleich gross, ob sie 6", 8" oder 10" von ihm entfernt ist; es wäre daher sinnlos zu sagen, er sehe sie, wenn er sie durch eine Loupe von 6·7 P. L. Brennweite ansieht, $14^1/_3$mal grösser, als er sie in der Entfernung von 8", oder 10·7mal grösser als er sie in der Entfernung von 6" oder 17·9mal grösser als er sie in der Entfernung von 10" sehen würde". Nur Derjenige, welcher eben in Betreff dessen, was man unter Loupenvergrösserung zu verstehen hat, im Irrthum wandelt und der meine Darstellung missverstanden hat, glaubend ich hätte gesagt: „ich sähe die Papille mit einer Loupe von 6·7"' B. W. $14^1/_3$ grösser, als im Abstande von 8"' kann den angeführten Satz zur Entkräftung meiner Berechnungsart vorbringen. Es ist klar, dass man unter allen Umständen mit einer Loupe von 6·7"' B. W. $14^1/_3$mal feinere Details an einem Objecte erkennt, als wenn man es mit freiem Auge in der Entfernung von 8" betrachtet, 10·7mal feinere Details als wenn man es in einem Abstand von 6", und 17·9mal feinere, als wenn man es mit freiem Auge aus der Entfernung von 10" ansieht — vorausgesetzt, dass die Zahlen 10·7 und 17·9 richtig gerechnet sind. Abgesehen von der Allgemeingiltigkeit des Gesagten, habe ich aber auch an einzelnen Beispielen demonstrirt, dass wirklich eine und dieselbe Loupe dem einen Beobachter $14^1/_3$mal, dem anderen nur 10·7mal, einem dritten hingegen 17·9mal vergrössern kann, d. h. dass der Erste mit Hilfe dieser Loupe $14^1/_3$ mal, der Zweite 10·7mal, der Dritte endlich 17·9mal feinere Details erkennen kann, als er mit unbewaffnetem Auge zu unterscheiden im Stande ist.

An dem also, was ich über das Princip der Berechnung und über die bei Emmetropie und Ametropie des untersuchten Auges zu erlangenden Resultate in meinem Lehrbuche der Ophthalmoscopie gesagt habe, brauche ich Nichts zu ändern. Zahlen und Gesetze werde ich später noch zusammenstellen. Hier sei nur erwähnt, dass inzwischen durch Knapp die Thatsache bekannt geworden ist, dass wenn bei Ametropie, bedingt durch Aenderung der Längsaxe des Auges, das corrigirende Glas im vorderen Brennpunkte des Auges steht, in dem aus Auge und corrigirendem Glase zusammengesetzten Sammelsystem der Abstand des zweiten Knotenpunktes von der Netzhaut derselbe ist, wie im emmetropischen Auge. Daraus folgt: Die Vergrösserung, welche man bei der Untersuchung im aufrechten Bilde erhält, ist für das ametropische Auge stets dieselbe wie für das emmetropische, wenn die Ametropie auf Aenderung der Axenlänge des Auges beruht und das corrigirende Glas im vorderen Brennpunkte des untersuchten Auges steht.

Ueber die Berechnung der Loupenvergrösserung sei hier noch folgende Bemerkung angeschlossen. Man darf nicht vergessen, dass es sich bei der gegebenen Berechnungsart eben darum handelt, die Vergrösserung einer — Loupe anzugeben. Soll ich angeben, um wie viel feinere Details ich mit Hilfe einer Loupe an einem Objecte sehen kann, als wenn ich dasselbe mit freiem Auge in 8 oder 12 oder 4 Zoll Entfernung ansehe, so ist natürlich die erste Bedingung die, dass ich das Object in den genannten Entfernungen wirklich mit freiem Auge betrachten und dass ich es überhaupt mit einer Loupe ansehen kann. Da man nun aber den Mond nicht mit freiem Auge in einer Entfernung von 8″ und dann mit Zuhilfenahme einer Loupe in grössere Nähe betrachten kann, so wäre es keineswegs zutreffend, wenn die Art und Weise, wie Details des Mondes mit Hilfe eines Galiläi'sche Fernrohres deutlicher gemacht werden, gegen die Art und Weise unsere Berechnung der Loupenvergrösserung aufgeführt würde.

Man kann begreiflicher Weise nach den von mir verwendeten Formeln auch die scheinbare Grösse des virtuellen Bildes für eine bestimmte Projectionsentfernung desselben berechnen, wenn die wirkliche Grösse des Objectes bekannt ist. Man braucht eben, um die Vergrösserungszahl für den scheinbaren Durchmesser des Bildes zu finden, nur die Projectionsentfernung durch den jeweiligen Werth von F_1, d. i. der vorderen Brennweite = dem Abstande des zweiten Knotenpunktes von der Netzhaut des emmetropischen oder in bestimmter Weise corrigirten ametropischen Auges zu dividiren. Will man die Vergrösserungszahlen für das virtuelle Bild in dem Falle kennen, falls dasselbe, wie dies gewöhnlich geschieht, in die Entfernung von 8″ projicirt wird, so sind dieselben durch die für die wirkliche Vergrösserung unter Zugrundelegung der von mir gewählten Normalgrösse des Netzhautbildes gewonnenen Zahlen gegeben. Es bietet sich also einem Emmetropen die Eintrittsstelle des Sehnerven eines andern emmetropischen Auges unter mehr als 14facher Vergrösserung dar, und zwar ergibt sich, wenn wir für F_1 den Werth des Helmholtz'schen schematischen Auges = 14·858 M^m· setzen und da 8 P. Z. = 216·7 M^m· sind, $V = \frac{216 \cdot 7}{14 \cdot 858} = 14 \cdot 5$[illegible] wenn wir das reducirte Auge (mit $F_1 = 15$ M^m·) zu Grunde legen $V = \frac{216 \cdot 7}{15} = 14 \cdot 45$, Zahlen, welche von der früher angegebenen

14⅓ in den Decimalien desshalb etwas abweichen, weil diese letztere Zahl nach dem Werthe, welchen F_1 im Listing'schen schematischen Auge hat, berechnet wurde. Das Netzhautbild der Papille ist also 14·58mal so gross als das Normalnetzhautbild, d. h. als dasjenige, welches von der Papille bei einem Abstande derselben von 8″ vom Knotenpunkte des untersuchenden Auges entworfen würde. In Folge dessen unterscheidet der Untersucher bei der Augenspiegelprüfung in der Papille des Emmetropen 14·58 mal feinere Details als wenn er diese Papille in seiner Arbeitsweite von 8″ mit freiem Auge ansehen würde. Diese Vergrösserung ist — eine noch so häufige Wiederholung dieses Satzes dürfte nicht schaden — gänzlich unabhängig von der Entfernung, in welche das virtuelle Bild unbewusst vom Auge (welches das Object ganz nahe, dort wo es wirklich ist, vermuthet) projicirt wird und wäre dieselbe, falls das virtuelle Bild dort läge, wo es vom Auge vermuthet wird, also dort, wo das Object factisch liegt, in welchem Falle gar keine scheinbare Vergrösserung zu Stande käme. Wenn nun aber das virtuelle Bild thatsächlich in den Abstand von 8″ projicirt wird, dann ergibt sich auch für die scheinbare Vergrösserung die Zahl 14·58, d. h. der scheinbare Durchmesser der Papille ist 14·58 mal so gross als der wirkliche und daher, wenn dieser letztere mit 1·5 M^m· angenommen wird, = 21·87 M^m·

Ich verstehe nur nicht, wie man für die Berechnung der scheinbaren Grösse des virtuellen Bildes andere Formeln aufstellen kann, über deren mathematische Berechtigung ich gar nicht aburtheilen will, aus denen nur (besonders wenn noch dazu die Berechnung nach meiner Art und Weise daneben gestellt wird) das Eine sofort ersichtlich ist, dass bei Anwendung derselben mehr gerechnet werden muss. Ich begreife auch nicht, wie man an sich identische Resultate, die sich nur dadurch unterscheiden, dass die zu Grunde gelegten Zahlen in einigen Hundertsteln oder Tausendsteln eines Millimeters differiren, „übersichtshalber in eine Tabelle zusammenstellen kann.“ Auch fehlt mir das Verständniss dafür, wie man in dieser Tabelle ganz unzusammengehörige Dinge (wie die Vergrösserungen sind, die sich bei einem aphakischen und bei einem durch schwächere Brechkraft des reducirten Auges hypermetropisch gewordenen Auge ergeben) zusammenstellen kann, wenn man noch dazu später den Grund dafür angibt, warum die Resultate nicht stimmen, wenn man angibt, dass sie desshalb nicht stimmen, weil zwei ganz verschiedene Dinge berechnet wurden, dass man aber, wenn man die Sache wie ich berechnet, auch dasselbe Resultat bekommt.

Die wirkliche Vergrösserung, welche man bei der Untersuchung mit dem Augenspiegel im aufrechten Bilde erhält, wurde von Schweigger in anderer und zwar in der Weise berechnet, dass die Grösse des Gesichtswinkels bestimmt wurde, unter welchem der Augengrund, in specie die Papille des emmetropischen und neutralisirten ametropischen Auges erscheint. Gehen wir nicht von einer bestimmten Vergrösserung des Augengrundes des emmetropischen Auges aus, sondern begnügen wir uns damit anzugeben, um wie viel mehr oder wie viel weniger die Vergrösserung im ametropischen Auge beträgt als im emmetropischen, d. h. um viel grösser oder kleiner der Durchmesser des Netzhautbildes ist, das ein im Grunde eines ametropischen Auges befindliches Object im Auge des Beobachters entwirft, im Vergleiche zu dem Durchmesser des Netzhautbildes, das von dem gleichen Objecte des emmetropischen Auges erzeugt wird — dann braucht man nur die für die einzelnen Fälle bestimmten Werthe von F_1, welche den jeweiligen Abstand des zweiten Knotenpunktes des Sammelsystemes von der Netzhaut angeben, in den Werth, welchen F_1 im emmetropischen Auge hat, zu dividiren und erhält so die relativen Vergrösserungszahlen. In der Tabelle V ist das reducirte Auge (dessen $F_1 = 15$ M$^{m.}$) zu Grunde gelegt und sind die Werthe von F_1 für die speciellen Fälle aus der 10. und 11. dieser Vorlesungen über die optischen Fehler des Auges entnommen. Die durch Axenänderung des reducirten Auges erzeugte Myopie und Hypermetropie ist mit (gross) M und H, die durch schwächere Brechkraft des dioptrischen Systems erzeugte durch (klein) m und h gekennzeichnet. In jeder der vier Unterabtheilungen der Tabelle, die durch die verschiedene Art der Correction der Ametropie bedingt werden, steigen die Werthe von der schwächern zur stärkern Vergrösserung an.

Col. I. enthält den Werth der Ametropie, Col. II. das jeweilige Correctionsglas, Col. III. die Werthe von F_1, Col. IV. die relativen Vergrösserungszahlen, Col. V. die Vergrösserung in unserem Sinne, wobei also das Netzhautbild, das aus dem Abstande von 8 P. Z. = 216·7 M$^{m.}$ entworfen wird, zu Grunde liegt. Durch Multiplication des Werthes: 14·45 mit der entsprechenden relativen Vergrösserungszahl aus Col. IV sind die Werthe von Col. V gewonnen.

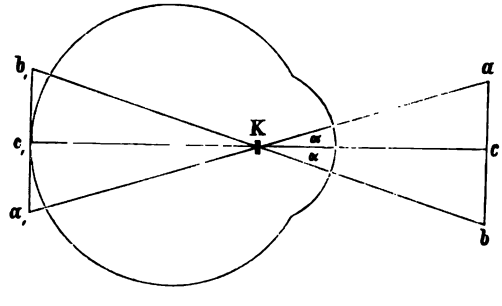
Tabelle V.

Art und Grad der Ametropie	Brennweite des Correctionsglases in Millimetern		Abstand des 2. Knotenpunktes des Sammelsystems von der Netzhaut	Relative Vergrösserungszahl	Vergrösserung	Grösse des Netzhautbildes der Papille in Millimetern	Gesichtswinkel, unter dem die Papille erscheint, in Graden	Unterscheidbare Details in Mikromillimetern
I.	II.		III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
E			15·00	1·00	14·45	1·50	5·73	4·0
$A^1/_3$ (latent)			15·00	1·00	14·45	1·50	5·73	4·0
$H^1/_3$ (latent)			12·78	1·17	16·91	1·76	6·34	3·4
$M^1/_3$	Glas ½" vor *K*	— 67·7	16·58	0·90	13·01	1·35	5·16	4·4
$A^1/_3$		+ 94·8	16·35	0·92	13·29	1·38	5·27	4·3
$H^1/_3$		+ 94·8	14·04	1·07	15·46	1·61	6·13	3·7
$m^1/_3$		— 67·7	13·16	1·14	16·47	1·71	6·53	3·5
$A^1/_3$	Glas im vorderen Brennpunkte des Auges	+105·5	18·15	0·82	11·85	1·23	4·70	4·8
$H^1/_3$		+101·3	15·00	1·00	14·45	1·50	5·73	4·0
$M^1/_3$		— 61·3	15·00	1·00	14·45	1·50	5·73	4·0
$m^1/_3$		— 64·6	12·54	1·19	17·20	1·79	6·35	3·3
$A^1/_3$	Glas 1" vor *K*	+108·4	18·69	0·80	11·56	1·20	4·58	5·0
$H^1/_3$		+108·4	16·05	0·93	13·44	1·40	5·33	4·3
$M^1/_3$		— 54·2	13·26	1·13	16·33	1·70	6·47	3·5
$m^1/_3$		— 54·2	10·52	1·43	20·66	2·15	8·19	2·8

Will man statt von der Grösse des Netzhautbildes von der Grösse des Gesichtswinkels ausgehen, unter welchem die Objecte des untersuchten Auges erscheinen, dann ist es durchaus unnöthig, sich zu neuen Rechnungen und zu neuen Betrachtungen zu wenden, da die in Col. IV enthaltenen und durch Division der entsprechenden Werthe von F_1 gewonnenen Zahlen ebenso die Grössen des Netzhautbildes wie die des Gesichtwinkels angeben, wenn eben die Grösse des Netzhautbildes, das von einem Objecte, falls der Untersuchte Emmetrop ist, entworfen wird, oder die Grösse des Gesichtswinkels, unter welchem dieses Object erscheint, gleich 1 gesetzt wird. Will man nicht die relativen, sondern die absoluten Werthe für die Grösse des Netzhautbildes oder des Gesichtswinkels für ein bestimmtes Object, z. B. die Papille, so braucht man diese Werthe nur für den Fall, dass der Untersuchte Emmetrop ist, factisch zu berechnen, und findet die Werthe für alle übrigen Fälle durch Multiplication der gewonnenen Grössen mit der

entsprechenden Vergrösserungszahl. Nehmen wir, wegen der Uebereinstimmung mit den Angaben Anderer, den Durchmesser der Papille mit 1·5 M^m·, dann hat das Netzhautbild, welches von der Papille eines Emmetropen im Auge eines andern Emmetropen entworfen wird, auch einen Durchmesser von 1·5 M^m· Object und Bild sind gleich gross. Der Abstand des Knotenpunktes des untersuchten von dem des untersuchenden Auges hat nämlich in diesem Falle keinen Einfluss auf die absolute Grösse des Netzhautbildes. Ob die Knotenpunkte beider Augen zusammenfallen, oder einen beliebigen Abstand zeigen — es bleibt die absolute Grösse des Netzhautbildes gleich. Das Object steht daher in diesem Falle vom Knotenpunkte des untersuchenden Auges ebenso weit ab, wie sein Netzhautbild, es beträgt nämlich, wenn wir vom reducirten Auge ausgehen, der Abstand sowohl des einen wie des anderen vom Knotenpunkte 15 M^m· Von dem Sehnerven ab (Fig. 54) des untersuchten emmetropischen Auges wird im untersuchenden Auge ein Bild

Fig. 54.



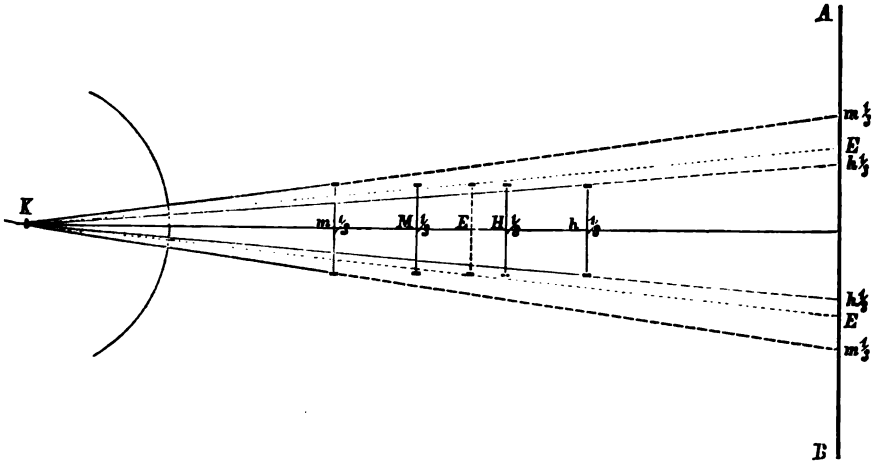
$a,b,$ entworfen, welches, weil $Kc = Kc, = 15\ M^m$·, gleich ist ab. Will man den Gesichtswinkel $aKb = 2\alpha$ bestimmen, unter welchem die Papille ab erscheint, so bedenke man, dass tang. $\alpha = \frac{ac}{Kc} = \frac{0{\cdot}75}{15}$. Daraus berechnet sich der Gesichtswinkel ($= 2\alpha$) $= 5^0\,43'\,29{\cdot}4''$. Da ferner auch bei Untersuchung des neutralisirten ametropischen Auges der Abstand des Knotenpunktes des untersuchenden Auges vom zweiten Knotenpunkte des Sammelsystems ohne Einfluss auf die Grösse der Netzhautbilder und der Gesichtswinkel ist, so erhält man die absolute Grösse für das Netzhautbild der Papille, sowie für den Gesichtswinkel, unter welchem sie in den verschiedenen Fällen erscheint, einfach dadurch, dass man den Werth von 1·5 M^m·, resp. von $5^0\,43'\,29{\cdot}4'' = 5{\cdot}73^0$ mit den in Col. IV enthaltenen Zahlen multiplicirt. Das sind die Werthe, welche in Col. VI. und Col. VII der Tabelle V enthalten sind.

Unter Berücksichtigung des Umstandes, dass der Abstand der Knotenpunkte des untersuchenden und untersuchten Auges zu vernachlässigen ist, wird es mit Hilfe der in Col. III enthaltenen Werthe von F_1 möglich, die absolute Grösse des Netzhautbildes und die Grösse des Gesichtswinkels, unter welchem die Papille in den verschiedenen

Fällen erscheint, mit einer Einfachheit, ich möchte sagen Eleganz graphisch darzustellen, welche Nichts zu wünschen übrig lässt.

In Fig. 55 sind z. B. die aus der Tabelle V zu ersehenden Werthe von F_1 für Emmetropie und Ametropie, die durch ein 1″ vor K ge-

Fig. 55.



etztes Glas corrigirt ist, vor den Knotenpunkt K des unterichenden Auges in vierfacher Grösse aufgetragen, so dass also KE 0 M^{m}· beträgt. Der Durchmesser des Sehnerven selbst ist in achtfacher rösse mit 12 M^{m}· genommen. Der Gesichtswinkel, in welchem die Paille in den verschiedenen Fällen erscheint, ergibt sich einfach, indem ir von den Enden des Sehnerven nach dem Knotenpunkte ziehen, nur nd diese Gesichtswinkel, in Anbetracht der in der Zeichnung der rösseren Deutlichkeit wegen gewonnenen Dimensionen, doppelt so gross, s sie factisch sind, wenn der Durchmesser 1·5 M^{m}· beträgt und das ducirte Auge zu Grunde liegt. Wollte man die Netzhautbilder des ehnerven in ihrer wirklichen Grösse construiren, so brauchte man ur von den Endpunkten des Sehnerven der Zeichnung durch K bis zu iner Ebene zu ziehen, die 30 M^{m}· hinter K senkrecht zur Axe steht.

Es ist ferner in dieser Figur der Schirm AB in einer den gewonnenen rössenverhältnissen entsprechenden Entfernung vom Knotenpunkte derrtig aufgestellt, dass man, um die scheinbare Grösse der virtuellen Bilder u kennen, welche in Wirklichkeit bei einer Projectionsentfernung der ilder von 8″ zu Vorschein kommt, nur die Schenkel der Gesichtsinkel bis zum Schirme AB zu verlängern braucht. Für das emmeropische Auge ist hierbei der scheinbare Papillendurchmesser 14·45 × 15 = 21·68 M^{m}·, eine Grösse, welcher EE entspricht. Für $m\,1/3$, corrigirt

durch Concav 2, 1″ vor K, muss $m^1/_3\ m^1/_3 = 20{\cdot}66 \times 15 = 30{\cdot}99$ M^m· sein und so ist es auch in der Zeichnung u. s. f.

Wenn man sich in einer in grösserem Massstabe entworfenen Zeichnung sämmtliche Werthe von F_1 aus Tabelle V einträgt, so kann man die für die Augenspiegelvergrösserung des aufrechten Bildes geltenden Gesetze gleichsam von der Figur ablesen.

Diese Gesetze lauten:

1. Wird die Ametropie des untersuchten Auges corrigirt durch ein **zwischen** Auge und dessen vorderem Brennpunkte stehendes Glas, dann ist für Myopie bedingt durch Verlängerung der Augenaxe und für Hypermetropie, bedingt durch schwächere Brechkraft des dioptrischen Systems die Vergrösserung (das Netzhautbild, der Gesichtswinkel) **geringer**, für Myopie in Folge stärkerer Brechkraft des dioptrischen Systems und für Hypermetropie, erzeugt durch Verkürzung der Augenaxe, hingegen **grösser** als für das emmetropische Auge.

2. Wird die Ametropie corrigirt durch ein **im** vorderen Brennpukte stehendes Glas, dann ist die Vergrösserung, falls die Ametropie, gleichgiltig ob Myopie oder Hypermetropie und gleichgiltig, von welchem Grade, durch Aenderung der Axenlänge des Auges bedingt ist, **dieselbe**, wie für das emmetropische Auge; sie ist **geringer** für Hypermetropie in Folge schwächerer und **grösser** für Myopie in Folge stärkerer Brechkraft des dioptrischen Systems.

3. Steht das Correctionsglas **jenseits** des vorderen Augenbrennpunktes, dann ist die Vergrösserung für Hypermetropie überhaupt **geringer** und zwar um so geringer, je weiter das Correctionsglas absteht; für Myopie überhaupt **grösser** und zwar um so grösser, je weiter das Correctionsglas entfernt ist.

4. Für corrigirte Hypermetropie, durch **schwächere** Brechkraft des dioptrischen Systems bedingt, ist die Vergrösserung unter allen Umständen geringer als für das emmetropische Auge und immer geringer als für die in gleicher Art corrigirte Hypermetropie, erzeugt durch Verkürzung der Augenaxe; für Myopie in Folge stärkerer Brechkraft des dioptrischen Systems ist die Vergrösserung immer bedeutender als für Emmetropie und immer grösser als für die

in gleicher Art corrigirte Myopie, welche in Verlängerung der Augenaxe ihren Grund hat.

Allein mit all' Dem ist unsere Aufgabe noch nicht so gelöst wie wir es eigentlich möchten. Denn um die Vergrösserung in unserem Sinne anzugeben, muss noch ein Netzhautbild von bestimmter Grösse zu Grunde gelegt werden, und um die Vergrösserung durch die absolute Grösse des Netzhautbildes oder des Gesichtswinkels zu bestimmen, muss die wirkliche Grösse des Objects bekannt sein. Nun muss ich allerdings ganz offen gestehen, dass ich unsere Ausdrucksweise der von anderer Seite gewählten noch bei weitem vorziehe. Denn wenn ich sage: „Es erscheint mir der Augengrund eines langen, durch Concav 2 corrigirten Auges mit $M^1/_3$ unter $16^1/_3$ Vergrösserung d. h. ich erkenne in dem Grunde dieses Auges bei der Augenspiegelprüfung $16^1/_3$mal feinere Details als wenn ich denselben mit freiem Auge in der Entfernung von 8″ ansehen würde“, so dürfte es Niemand schwer fallen, sich mit diesen Worten einen bestimmten Begriff zu verbinden. Wenn ich aber, um die Vergrösserung in dem betreffenden Falle auszudrücken, den Satz hinstelle: „Ich sehe unter den gegebenen Voraussetzungen und unter der Bedingung, dass die Papille einen wirklichen Durchmesser von 1·5 M^m. hat, dieselbe unter einem Gesichtswinkel von 6° 28′ 12″,“ so dürfte es wenn doch nicht leicht sein, sich durch diese Angabe eine Vorstellung von der Vergrösserung zu verschaffen.

Aus dem Gesagten wird ersichtlich, dass das Ziel unserer Bestrebungen dahin gerichtet sein muss, die Vergrösserung in einer Weise zu bezeichnen, welche sowohl von der wirklichen Grösse des Objectes, als auch von der Annahme eines Normalnetzhautbildes ganz unabhängig ist. Ich habe schon früher darauf hingewiesen, dass die Details, welche ein Myop, Emmetrop mit gutem Accommodationsvermögen und ein unmetropischer Presbyop bei der Augenspiegeluntersuchung thatsächlich wahrnehmen, dieselben sind, nur dass allerdings die Loupe dem einem der Beobachter factisch mehr als dem Anderen vergrössert. Nun denn! Geben wir die Grösse dieser sichtbaren feinsten Theile direct und unmittelbar durch Zahlengrössen an, dann ist unsere Aufgabe in der weitesten Weise gelöst.

Zu diesem Ende brauchen wir nur eine bestimmte Sehschärfe des Untersuchers festzustellen. Nehmen wir z. B. an, dass noch unter einem Winkel von Einer Minute differenzirt wird, dann beträgt der Durchmesser des betreffenden kleinsten Netzhautbildes (und zwar gleichgiltig

ob wir das schematische oder das reducirte Auge zu Grunde legen) 0·004 Millimeter = 4 Mikromillimeter (wenn wir die späteren Decimalstellen, die eine Correction nicht bedingen, vernachlässigen [1]). Es wird also jedes Object (in dem für die Bestimmung der Sehschärfe massgebenden Sinne) noch unterschieden werden, dessen Netzhautbild nicht kleiner als 4 MM^{m}· ist. Da aber, wenn ein Emmetrop einen anderen Emmetropen mit dem Spiegel untersucht, das im Auge des Untersuchers entstehende Bild dem im Auge des Untersuchten befindlichen Objecte gleich ist, folglich jenes Object, dessen Bild einen Durchmesser von 4 MM^{m}· besitzt, selber einen Durchmesser von 4 MM^{m}· hat, so ergibt sich demnach, dass der Untersucher, dessen Distinctionswinkel 1 Minute beträgt, im Augengrunde eines Emmetropen Details von 4 Mikromillimeter Durchmesser unterscheidet. Ganz unabhängig davon, welches die Arbeitsweite des Untersuchers ist, ganz unabhängig davon, in welche Entfernung das virtuelle Bild thatsächlich projicirt, und in welchem Abstande es vermuthet wird, ganz unabhängig davon, welches die absolute Grösse eines bestimmten Objectes im Augengrunde, z. B. der Papille ist, wird das Maass der Loupenvergrösserung dadurch angegeben, dass man im Stande ist, im Augengrunde des Emmetropen Details von 4 MM^{m}· D. wahrzunehmen. Ob also der Untersucher ein Emmetrop mit trefflichem Accommodationsvermögen oder ein Presbyop mit sehr mangelhafter Accommodationsbreite ist; ob das Bild in die Entfernung von 8″ oder 80″ oder 800″ projicirt und ob es im Abstande von $^1/_2$, 1 oder 2″ vermuthet wird; ob der wirkliche Durchmesser der Papille 1·5 oder 1·6 oder 1·8 M^{m}· beträgt: all' Das ist für den Ausdruck, durch welchen der absolute Werth der Loupenvergrösserung angegeben wird, vollkommen gleichgiltig. Nebstbei sei bemerkt, dass ein reducirtes Auge mit der supponirten Sehschärfe in der Entfernung von 8 P. Z. nur Details von 57·8 MM^{m}· zu erkennen im Stande ist.

Wollen wir jetzt wissen, welche Details bei der Untersuchung ametropischer Augen zur Ansicht kommen, so brauchen wir uns nur zu vergegenwärtigen, dass, je mehr die Vergrösserung wächst, desto feinere Details unterschieden werden, d. h. dass das Object dann desto kleiner werden kann, um noch ein Netzhautbild von 4 MM^{m}· D. zu entwerfen, dass hingegen, je geringer die Vergrösserung ist, desto gröbere Details uns sichtbar bleiben, desto grösser das Object werden muss, damit sein Netzhautbild nicht unter den Werth von 4 MM^{m}· sinke.

---

[1]) Siehe pag. 127.

e reciproken Werthe der in Col. IV. der Tabelle V. angebenen Vergrösserungszahlen, mit dem Werthe von 4 MM^{m} ıltiplicirt, geben uns also direct und unmittelbar an, ·lche Details in den specificirten Fällen von einem Beachter, der unter einem Winkel von 1′ distinguirt, wahrnommen werden. Diese Werthe sind in Col. VIII der Tabelle V :halten. Wir ersehen aus denselben zum Beispiele, dass in einem Auge t $M^1/_3$, corrigirt durch Concav 2, Details von 3·5 MM^{m}· unterschieden rden und bei gleicher Correction sogar solche von 2·8 MM^{m}· unterıieden würden, falls die Myopie auf stärkerer Brechkraft beruhte; ss hingegen bei $H^1/_3$, corrigirt durch Convex 4, nur Details von 4·3, ı $h^1/_3$ nur solche von 5 MM^{m}· noch wahrgenommen werden können — ls man im Auge des Emmetropen Details von 4 MM^{m}. sieht.

Es ist klar, dass die Berechnungen die gleichen bleiben, wenn sich als passend herausstellen sollte, denselben nicht die Grösse s kleinsten Netzhautbildes von 4, sondern etwa von 6 MM^{m}· zu unde zu legen. Damit ist wie ich glaube die Lehre von der Loupenrgrösserung zu einem gedeihlichen Abschlusse gebracht. Man sollte h gewöhnen, die Vergrösserung für Loupe (einfaches Mikroscop, ·ücke'sche Loupe, auch wenn man will Galiläi'sches Fernrohr) durch anzugeben, dass man unter Annahme einer bestimmten Norılsehschärfe des Untersuchers die Details nennt, welche mit Hilfe s Instrumentes, falls das Object sich in der Brennweite desselben findet, sichtbar gemacht werden. Auf diese Art wird es jedem Unterher auch leicht möglich gemacht, zu berechnen, welche Details er bei ner individuellen Sehschärfe mit einem Instrumente zu unterscheiden rmag. Es ist diess ein wichtiger Punkt, begreiflich dann, wenn die hschärfe des Untersuchers nach der einen oder der anderen Richtung fallend von der als normal angenommenen abweicht. Es ist z. B. sonders hervorzuheben, dass ein Auge, welches in Folge von Astig·tismus eine herabgesetzte Sehschärfe hat, wenn es sich mit Cylinrgläsern bewaffnet, mit Hilfe eines optischen Instrumentes nun feinere tails erkennt, wiewohl die „scheinbare" Vergrösserung natürlich diebe bleibt.

Auch die Vergrösserung des zusammengesetzten Mikroscopes kann der eben besprochenen Weise ausgedrückt werden. Es führt uns ss dazu, zunächst einige Bemerkungen über die bei der Augenegeluntersuchung hervortretende Vergrösserung des umgehrten Bildes zu machen. Man glaube ja nicht, dass man dadurch, s für das umgekehrte Bild ein realer und leicht bestimmbarer

Durchmesser angegeben werden kann, auch schon damit die Vergrösserung, unter welcher der Beobachter sieht, angegeben habe. Die Feinheit der Details, welche man in diesem umgekehrten Bilde zu erkennen vermag, oder die Grösse des Gesichtswinkels, unter welchem dieses umgekehrte Bild erscheint, ist wiederum zunächst abhängig von dem Abstande des umgekehrten Bildes vom Auge des Untersuchers. Wenn wir die Grösse des Netzhautbildes eines Objectes als Normalgrösse annehmen, welche demselben bei der Entfernung von 8″ zukommt, dann können wir die realen Vergrösserungen des umgekehrten Luftbildes direct verwenden, falls wir dieses Bild in dem Abstande von 8″ ansehen. Da ich dieses Moments schon in meiner früheren Abhandlung gedacht habe, so hätte doch, wenn nicht aus allem Uebrigen, schon hieraus ersehen werden können, in welcher Weise ich die Berechnung der Vergrösserung auffasse. Das umgekehrte Bild eines nicht accommodirenden emmetropischen Auges, erzeugt durch eine Convexlinse von 2″ B. W. hat nach der Berechnung, gleichgiltig ob wir vom schematischen oder reducirten Auge ausgehen (und gleichgiltig, welches der Abstand der Convexlinse vom Auge sei), einen 3·65mal grösseren Durchmesser als sein Object. Wenn ich also das umgekehrte Bild z. B. der Papille in der Entfernung von 8″ ansehe, erkenne ich in diesem Bilde 3·65mal feinere Details der Papille, als wenn ich sie mit freiem Auge aus 8″ Abstand anblicke. Wenn ich dieselbe Papille im aufrechten Bilde untersuche, so erkenne ich in ihr mehr als 14mal feinere Details, als wenn ich sie mit blossem Auge aus 8″ Abstand betrachte. Nur durch eine derartige Auffassungsweise ist es möglich, die Vergrösserung des aufrechten und umgekehrten Bildes direct mit einander zu vergleichen. Die vollständige Unhaltbarkeit der Berechnung der Vergrösserung nach der scheinbaren Grösse des virtuellen Bildes tritt vielleicht durch Nichts so klar zu Tage, als bei dieser Vergleichung der Vergrösserung, die sich im aufrechten und umgekehrten Bilde ergibt.

Es ist hier übrigens die passende Gelegenheit, zu zeigen, zu welchen Schlüssen ein theoretischer Satz führen kann. Wenn der emmetropische Untersucher statt für das 8″ vor ihm liegende umgekehrte Bild zu accommodiren, ein Convexglas von 8″ B. W. vor das Auge stezt, so kann er jetzt das im Brennpunkt dieser Convexlinse liegende umgekehrte Bild ohne Accommodationsanstrengung betrachten. Merkbar andere Details wird er hierbei nicht erkennen, weil die Grösse des Netzhautbildes nahezu die gleiche bleibt, wenn die Einstellung für ein 8″ entferntes Object nicht durch Vorrückung des Knotenpunktes, son-

dern durch Vorsetzen eines Convexglases unmittelbar vor das Auge bewerkstelligt wird. Da aber das als Object dienende umgekehrte Bild jetzt im Brennpunkte der Convexlinse $^1/_8$ liegt, so liegt nach der auch neuerdings wieder hervorgeholten Theorie das Bild für den emmetropischen Beobachter in der unendlichen Entfernung und ist unendlich gross. Es ist nämlich ganz gleichgiltig, ob ein Emmetrop den Augengrund des Emmetropen mit dessen dioptrischem Apparate, oder ob er das umgekehrte reelle Bild mit einer 8″ davon entfernten Convexlinse $^1/_8$ ansieht — in beiden Fällen sind die von den Objectpunkten kommenden Strahlen bei ihrem Einfalle auf das Auge des Beobachters unter einander parallel, in beiden Fällen ist daher das Bild unendlich entfernt und unendlich gross.

Zu den beiden Sätzen also, welche neuerdings (1872) aufgestellt wurden:

1. Die Entfernung des durch die Loupe eines emmetropischen Auges gelieferten Bildes des Augengrundes vom Centrum dieser Loupe ist unendlich gross.

2. Die Grösse des Bildes ist gleichfalls unendlich;

zu diesen beiden Sätzen, die natürlich auch für alle neutralisirten ametropischen Augen, sowie überhaupt für alle möglichen Convexgläser, Loupen, einfachen Mikroscope, Chevalier-Brücke'sche Loupen und Galiläi'sche Fernrohre Geltung haben, kann man noch die beiden folgenden hinzufügen.

3. Auch vom umgekehrten Bilde, welches durch was immer für ein Convexglas, bei welcher Refraction oder bei welcher Axenlänge des Auges immer entworfen wird, wird, wenn man dasselbe durch ein beliebiges Convexglas (eine beliebige Loupe etc.) in der Art betrachtet, dass das umgekehrte Bild im Brennpunke des Convexglases (der Loupe etc.) steht, ein Bild erzeugt, dessen Entfernung vom Centrum des Convexglases unendlich gross ist.

4. Die Grösse dieses Bildes ist gleichfalls unendlich.

Dasselbe gilt auch für alle Instrumente, bei welchen ein reelles umgekehrtes Bild erzeugt wird, also für alle zusammengesetzten Mikroscope und astronomischen Fernrohre, gleichgiltig, welches die Brennweiten des Objectivs und des Oculars sind, wenn nur das umgekehrte Bild in die Brennweite des Oculars entworfen wird! Ich frage, kann es irgend welchen Nutzen bringen, noch heutzutage derartige Thesen aufzustellen?

Kehren wir zur Betrachtung der Vergrösserung bei der Untersuchung des umgekehrten Bildes zurück. Man kann die Vergrösserung

des umgekehrten Bildes dadurch steigern, dass man es mit einer Loupe betrachtet, sowie man die Vergrösserung dadurch illusorisch machen kann, dass man es aus einer grösseren Entfernung ansieht. Wenn der Untersucher das factisch 3·65mal vergrösserte Bild aus der Entfernung von 3·65×8″, also aus dem Abstande von 29·2″ betrachtet, dann erkennt er in demselben keine feineren Details, als wenn er die Papille direct mit freiem Auge in 8″ Abstand ansieht. Wenn er dagegen näher an das umgekehrte Bild heranrückt, wird er begreiflicher Weise feinere Details erkennen. Ich, als Myop mit $M\,^1/_6$, der ich mich sehr leicht dem umgekehrten Bilde auf 4″ nähern kann, sehe in demselben thatsächlich feinere Details, als ein Emmetrop, der für diese Nähe nicht accommodiren kann, und viel feinere als ein emmetropischer Presbyop, wenn dieser kein Ocular in Anwendung zieht. Man kann auch leicht berechnen, durch welches Ocular, bei einer bestimmten Stärke des Collectivs, die Vergrösserung des umgekehrten Bildes der des aufrechten gleichgemacht werden kann. Ein nicht accommodirender Emmetrop sieht durch Convex 2 ein im Brennpunkt des Glases stehendes Object nach unserer Berechnungsart in 4facher Vergrösserung und daher, wenn er das durch eine Convexlinse, von 2″ B. W. erzeugte, 3·65 mal vergrösserte umgekehrte Bild der Papille eines emmetropischen Auges mit Convex 2 als Ocular ansieht, die Papille in 4×3·65 facher, d. i. in 14·6 facher Vergrösserung, d. i. in derselben, in welcher ihm die Papille im aufrechten Bilde sich darbietet. Ob also ein Emmetrop den Augengrund eines Emmetropen im aufrechten Bilde untersucht, oder ob er mit Convex 2 ein umgekehrtes Bild erzeugt und dieses Bild mit Convex 2 (in dessen Brennpunkte) untersucht, ist für die Vergrösserung einerlei. Beide Male sieht der Untersucher 14·6 mal feinere Details, als wenn er den Augengrund mit freiem Auge aus dem Abstande von 8″ ansieht: beide Male unterscheidet er noch Details von 4 MM^{m}· D., falls er unter einem Gesichtswinkel von 1′ differenzirt. Durch das Ocular von Coccius wird, falls unsere bisherigen Annahmen über die optischen Constanten des Auges der Realität entsprechen würden, bei der Prüfung des Augengrundes eines Emmetropen im umgekehrten Bilde ungefähr dieselbe Vergrösserung erzielt, wie bei der Untersuchung des aufrechten Bildes.

Da die Untersuchung im umgekehrten Bilde nach dem Principe des zusammengesetzten Mikroscops vor sich geht, so kann die Vergrösserung des zusammengesetzten Mikroscops auch durch die Nennung der Details bestimmt werden, welche man mit einem bestimmten Objectiv und Ocular zu erkennen im Stande ist. Dabei müsste man sich

llerdings gegenwärtig halten, was Abbe[1]) neuerlich über die Grenzen er Wahrnehmbarkeit von Details beim Gebrauche des zusammenesetzten Mikroscops vorgebracht hat.

Eine solche Bestimmungsart der Vergrösserung der optischen Instruente, welche auf dem Princip der Loupe oder des zusammengesetzten likroscops beruhen, muss meiner Ansicht nach mit der Zeit durchdringen, eil sie die einzig mögliche ist und weil die Berechnung nach einer eutlichen Sehweite, resp. nach der Grösse des virtuellen Bildes doch offentlich endlich einmal definitiv zu Grabe getragen werden wird. Bei rsterer Berechnungsart macht sich natürlich der Einfluss der individuellen ehschärfe geltend. Ein Halbblinder sieht eben mit demselben Instrumente ndere Details, als ein Mensch mit normaler Sehschärfe, wiewohl die rösse des virtuellen Bildes in toto für ihn dieselbe ist. er schwerste Fehler ist daher, wenn man die Vergrösserung im Allemeinen ohne Rücksicht auf das untersuchende Auge angeben will. Dies eht zwar an für jene Instrumente, welche ein reelles umgekehrtes Bild rzeugen, also z. B. für ein Sonnen-Mikroscop, für die laterna magica, ber alle Instrumente, welche als Loupen wirken oder deren Leistung um Theile auf Loupenwirkung beruht, bekommen erst einen Sinn, enn das dioptrische System durch das Auge gleichsam abgeschlossen ird. Denn ohne Auge ist eine Loupe ein unwirksames optisches Instrument, sie ist das Objectiv, welches aber nur im Vereine mit dem ollectiv, dem Auge nämlich, ein reelles umgekehrtes Bild und zwar uf der Netzhaut erzeugt, sowie im zusammengesetzten Mikroscop das bjectiv zusammen mit dem Collectiv ein reelles umgekehrtes Bild nerhalb des Diaphragmas des Oculars entwirft. Das Zustandekommen genannter virtueller Bilder, worauf die Berechnung der Loupenverrösserung leider noch immer ruht, ist ja nur eine Fiction, eine reale nmöglichkeit, ein realer Nonsens.

Noch über einen letzten Gegenstand muss ich handeln, dessen eschichte ein sonderbares Streiflicht entweder auf meine unklare und nverständliche Darstellungsweise, von welcher übrigens mehrfache Proben ier folgen werden, oder aber auf die Art und Weise wirft, wie heututage — Urtheile geschöpft und Kritiken abgefasst werden. Es ist dies lie Geschichte meiner Angaben in Betreff der Aenderung der Vergrösserung, wenn das untersuchende Auge sich vom untersuchten entfernt

---

[1]) Schultze's Archiv IX 3. 1873, pag. 413.

Man vergleiche nun zunächst, was in dieser Beziehung in Albrecht von Graefe's Archiv für Ophthalmologie XVII. Band II. Abtheilung 1871, pag. 131, in einer „Untersuchungen über die Grösse der Bilder bei Combination zweier optischer Systeme" betitelten Arbeit Hock's gegen mich vorgebracht wird. Eine denn doch über das Maass des Möglichen gehende Insinuation, dass ich es nämlich für gleichgiltig halte, ob das Auge sich von einer Loupe entfernt, oder ob die Loupe selbst gegen das hinter ihr gelegene Object gerückt wird, dass ich also auch im letzteren Falle eine Zunahme der Vergrösserung annehme, erlaube ich mir zuvörderst mit der wörtlichen Citirung folgender zweier Stellen aus eben dem diesen Gegenstand behandelnden Abschnitte meiner Ophthalmoscopie, welcher den Angriffen zu Grunde liegt, zurückzuweisen. Es heisst pag. 201:

„Die Vergrösserung nämlich, welche die Convexlinie $^1/_5$, wenn sich ein Object weit innerhalb ihrer Brennweite befindet, erzeugt, ist so gering, dass sie kaum merkbar wird. Die Vergrösserung wird um so geringer, je mehr sich das Object innerhalb der Brennweite dieser Linse befindet. Daher gestaltet sich die Sache für das Auge noch ungünstiger. Hier haben wir es mit einer Loupe von viel geringerer Brennweite zu thun, das Object steht hier jener imaginären Linse, durch welche wir uns den Astigmatismus erzeugt denken, noch viel näher, es nähert sich ihr auf weniger als einen Zoll, das Plus der Vergrösserung, welches deshalb in diesem Falle durch den stärker brechenden Meridian hervorgerufen wird, ist ein noch viel geringeres, als in dem gewählten Linsenbeispiele."

Es heisst ferner pag. 203:

„Es darf ferner nicht übersehen werden, dass ein und derselbe Grad von Astigmatismus eine verschiedene Form der Papille bedingen werde, je nachdem das Auge in seinem schwächer brechenden Meridiane über-, normal- oder kurzsichtig ist. Eine Cylinderlinse $^1/_5$ z. B. wird um so stärker wirken, je mehr sich das Object dem Brennpunkte des brechenden Meridians nähert, je weiter es also hinter der Linse steht. Da nun die Netzhaut bei *H* dem dioptrischen Apparate am nächsten ist, bei *E* weiter und am weitesten bei *M* hinter demselben liegt, so ist begreiflich, dass ein und derselbe Grad von Astigmatismus bei *H* die geringste Verzerrung des Bildes, eine grössere bei *E* und die grösste bei *M* hervorrufen werde. Wenn ich durch meine Linsencombination, mit welcher ich die früher besprochenen Versuche [redacted], aus einer gewissen Entfernung von derselben nach dem Bilde [redacted] sehe, so erscheint mir dieselbe längsoval, das Oval wird

nun noch mehr ausgezogen, wenn ich die Abbildung weiter von der Linsencombination entferne.

Also sowohl die Entfernung meines Auges von dem Linsensystem, als die Entfernung der Abbildung von demselben (dem Linsensystem nämlich) bewirkt eine Zunahme der Vergrösserung des Bildes nach der Richtung des stärkst brechenden Meridians der Cylinderlinse, eine Thatsache, die nach dem Gesagten nun vollkommen verständlich ist."

Gehen wir nun zu dem eigentlichen Gegenstande über, nämlich zu meinen Angaben über die Zunahme der Vergrösserung für den Fall, dass das beobachtende Auge sich vom beobachteten entfernt. Sie lauten folgendermassen. Zunächst heisst es pag. 179 und 180:

„Bringt man, um die Verhältnisse, welche beim Auge stattfinden, nachzuahmen, ein Object, am besten die Abbildung eines Augengrundes in den Brennpunkt einer Convexlinse von geringer Brennweite, und unmittelbar vor die Linse einen undurchsichtigen Schirm, der nur ein kleines centrales Loch, der Pupille analog, darbietet, und beobachtet man das Object zunächst so, dass man sein Auge unmittelbar an die Linse anlegt, so hat man hierbei bei einer bestimmten Ausdehnung des Sehfeldes eine bestimmte Vergrösserung des Objectes. Wenn man sich aber mit seinem Auge von der Linse entfernt, so fährt man allerdings fort, Theile des Objectes deutlich zu sehen, aber die Vergrösserung nimmt, während die Ausdehnung des Sehfeldes natürlich abnimmt, in merklicher Weise zu, indem das optische Centrum des aus dem Auge des Beobachters und der Convexlinse bestehenden combinirten Systems nicht mehr an der Stelle des Knotenpunktes des Auges, sondern beträchtlich vor demselben liegt, so dass von demselben Objecte grössere Netzhautbilder entworfen werden, **als sie für die gegebene Entfernung entworfen würden**, falls der Knotenpunkt nicht vorrückte.

Es ist demnach auch bei der Untersuchung mit dem Augenspiegel, wo wir statt mit einer Convexlinie von 2" Brennweite mit einer solchen von ungefähr $^1/_2$" Brennweite (dem dioptrischen Systeme des untersuchten Auges) den Augengrund betrachten, nicht gleichgiltig, in welcher Entfernung wir untersuchen, da die Vergrösserung **immer im Vergleiche mit der gesetzten Entfernung**, eine um so stärkere sein muss, je weiter wir uns vom untersuchten Auge entfernen."

Hier erwähne ich zunächst, dass dieser Passus sich in dem in Rede stehenden Aufsatze des Archivs wörtlich abgedruckt findet, und zweifelnde Leser ersuche ich, sich davon zu überzeugen, dass auch die beiden Stellen: „grössere Netzhautbilder, als sie für die gegebene

Entfernung entworfen würden," und „die Vergrösserung, immer im Vergleiche mit der gesetzten Entfernung" daselbst wörtlich zu lesen sind.

Ferner heisst es bei mir pag. 187:

„Der Grund liegt nicht etwa darin allein, dass, wenn der Untersuchende sich vom Untersuchten entfernt, das Sehfeld, wenn die Pupille nicht künstlich erweitert ist, sich so verkleinert, dass man die Details nicht mehr wahrnehmen kann, sondern vielmehr in der steigenden Vergrösserung, welche, wie wir sahen, eintritt, wenn das Auge aus grösserer Entfernung untersucht wird. Die Vergrösserung ist hiebei eine so bedeutende, dass im Bereiche des Sehfeldes kaum ein einzelnes Gefäss abgegrenzt erscheint, sondern nur als ein rother Schimmer im Bereiche der Pupille sich ausspricht. Erst bei grösserer Annäherung, wobei die Loupenvergrösserung abnimmt und das Sehfeld sich erweitert, treten einzelne Gefässe scharf abgegrenzt und deutlich erkennbar hervor."

Auf pag. 188 finden sich ähnliche Erwägungen in Betreff des hypermetropischen Auges. Ebendaselbst ist auch scharf zwischen wirklicher und scheinbarer Vergrösserung unterschieden.

Es dürfte bekannt sein, dass ich auch die Erklärung dafür gegeben habe, warum bei Astigmatismus die Papille sich immer mehr in der Richtung des stärkstbrechenden Meridians auszieht, je mehr man sich vom untersuchten Auge entfernt.

Es frägt sich nun, wie ich mir die Zunahme und Abnahme dieser Vergrösserung, die Zu- und Abnahme der „Loupenvergrösserung" vorstelle? Findet sich vielleicht ausser der immer hervorgehobenen Angabe, dass die Vergrösserung im **Vergleiche zur Entfernung** wächst, noch etwas Genaueres in meiner Arbeit? Gebe ich vielleicht an einer Stelle an, dass die **absolute Grösse** des Netzhautbildes zunimmt, wenn das untersuchende Auge sich vom untersuchten entfernt? Das ist es nämlich, was mir nicht blos in jener Archivs-Arbeit, sondern auch von anderen Seiten an anderen Orten vorgeworfen wird.

Was diese von mir angenommene Grössenzunahme des Netzhautbildes anlangt, so lese ich über diesen Punkt in meiner Ophthalmoscopie pag. 226 wörtlich Folgendes:

„Wir haben früher gesehen, dass wir von einer Zunahme der Vergrösserung sprachen, wenn das untersuchende Auge sich vom untersuchten entfernt, und die Erscheinungen, z. B. bei der Untersuchung des emmetropischen Auges aus grösserer Ferne und namentlich diejenigen, welche sich bei der

Betrachtung des astigmatischen Auges ergeben, aus diesem Verhalten der Vergrösserung abgeleitet. Es ist nach dem auf pag. 216 Gesagten einleuchtend, dass wenn das untersuchende Auge sich vom untersuchten entfernt, die **absolute** Grösse der Netzhautbilder der betrachteten Objecte bald abnehmen muss, wiewohl das optische Centrum des aus untersuchendem und untersuchtem Auge bestehenden Sammelsystems vorrückt, allein anders verhält es sich mit der resultirenden **scheinbaren** Vergrösserung und mit der **relativen** Grösse der Netzhautbilder. Die scheinbare Vergrösserung ist in Anbetracht der gesetzten Entfernung wegen der relativ bedeutenden Grösse des Netzhautbildes, die eben aus der Vorrückung des optischen Centrums resultirt, eine grössere als früher; und ebenso ist es auch bei der Betrachtung eines Objectes durch ein convexcylindrisches Glas. Die Grösse des Netzhautbildes nach der Richtung des brechenden Meridians **im Vergleiche** mit der Grösse des Netzhautbildes im nicht brechenden Meridiane ist es, welche die Erscheinungen des Astigmatismus hervorruft; wiewohl die **absolute** Grösse des Netzhautbildes nach der Richtung des brechenden Meridians bei einer bestimmten Entfernung des Auges von der Linse eine **kleinere** wird, als sie es ist, wenn das Auge der Linse unmittelbar aufliegt."

Von einer Angabe über Zunahme der absoluten Grösse des Netzhautbildes ist gerade an dieser meine Auffassung erklärenden Stelle nicht viel zu lesen. Es heisst ausdrücklich, dass wenn ein Object innerhalb der Brennweite eines convexcylindrischen Glases steht, wie dies für den Augengrund in Betreff der supponirten den Astigmatismus erzeugenden Cylinderlinse der Fall ist, die absolute Grösse des Netzhautbildes mit der Entfernung abnimmt und ebenso wird ausdrücklich auf pag. 216 hingewiesen, wo von der Panum'schen Formel für den Fall, dass das Object innerhalb der Brennweite der Loupe steht, gehandelt wird; es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass man mit Hilfe dieser Formel ebenso wie den Einfluss der Vorrückung des Knotenpunktes auch die Abnahme der Bildgrösse berechnen kann.

Uebrigens müssen wir auch zunächst noch diese Stelle von pag. 216 hierher setzen:

„Wenn wir die Formel von Panum etwas näher betrachten, so kann es uns nicht entgehen, dass, wiewohl hierbei der Einfluss des Abstandes des Knotenpunktes des Auges: K vom Centrum der Linse: C **ganz richtig** hervorgehoben worden ist, doch in Betreff der Vergrösse-

rung, welche sich bei der Berechnung nach den verschiedenen Formeln ergibt, ein Irrthum unterläuft. Es unterliegt allerdings keinem Zweifel, dass, wenn wir z. B. eine Convexlinse von 2″ B. W., deren C 1″ von K absteht, und wobei das Object z. B. 1·6″ von C entfernt ist, anwenden, die Vergrösserung eine bedeutendere ist als jene, die wir erlangen, wenn wir einfach die Grösse des Netzhautbildes des Objectes bei dessen Abstande von 2·6″ von K construiren. Der Unterschied soll eben durch die von Panum aufgestellte Formel gegeben sein. Die Grösse des Netzhautbildes x ist für den gesetzten Fall, wenn wir sie einfach als durch die Annäherung des Objectes erzielt uns denken, und den Abstand der Netzhaut von K mit 6·7 P. L. annehmen, $= \frac{1}{4 \cdot 66}$ des Objectes a. Also $x = \frac{1}{4 \cdot 66} a$; wenn wir jedoch den Abstand zwischen C und K nicht ausser Acht lassen, ist x (nach der Panum'schen Formel) $= \frac{1}{4 \cdot 66} a \times \frac{1}{1 - \frac{1 \cdot 6 \times 1}{2 (1 \cdot 6 + 1)}}$ (weil in unserem Falle $a =$ 1·6″, $\omega = 1$″, $F = 2$″ ist), also:

$$x = \frac{1}{4 \cdot 66} a \times \frac{52}{36} = \frac{1}{3 \cdot 22} a.$$

Allein zu welchem Resultate gelangen wir, wenn wir den Abstand zwischen C und K vernachlässigen? Es wird dann angenommen, dass in dem eben genannten Falle das Object dem Knotenpunkte des Auges auf 1·6″ genähert werden könne; daraus ergibt sich $x = \frac{1}{2 \cdot 87} a$. Wir erhalten demnach, wenn auch ω nur gleich 1″ ist, bei Vernachlässigung der Distanz zwischen C und K eine bedeutendere Grösse des Netzhautbildes, als wir sie mit Berücksichtigung der factischen Verhältnisse erlangen, und nicht eine geringere, wie Panum zu schliessen scheint.“

Ich glaube an dieser Stelle mich nicht undeutlich darüber auszusprechen, dass ich die Art der Berechnung nach der Panum'schen Formel für ganz richtig, die Formel aber insofern für unrichtig halte, falls durch sie bewiesen werden soll, dass die Vergrösserung bei Vernachlässigung des Werthes von ω (d. i. des Abstandes der Loupe vom optischen Centrum des Auges) geringer ausfalle, als falls wir ω und gleichzeitig die Vorrückung des Knotenpunktes berücksichtigen.

Gehen wir nun einen Schritt weiter und fragen wir, wie ich speciell von dem Falle denke, wenn das Object sich im Brennpunkte der Loupe findet. Da heisst es zunächst pag. 216 von der Panum'schen Formel:

„Ehe wir uns mit dieser Formel, zu welcher auch, wie Panum angibt, Eschricht gleichzeitig mit ihm gelangte, etwas näher beschäftigen, wollen wir sie für den Fall anwenden, dass das Object sich im Brennpunkte der Linse befindet (da dies ja jene Annahme ist, welche wir bei der Berechnung der Vergrösserung immer setzen wollen), dass also $\alpha = F$ wird. Der Ausdruck wandelt sich dann in folgender Weise um:

$$\frac{1}{1 - \frac{\alpha\,\omega}{F\,(\alpha + \omega)}} = \frac{1}{1 - \frac{F\,\omega}{F\,(F + \omega)}} = \frac{\omega}{F} + 1.“$$

Und pag. 217 folgt weiter:

„Wir sahen, dass, wenn wir die Panum'sche Formel für jenen Fall umwandeln, in welchem $\alpha = F$ wird, d. h. das Object sich im Brennpunkte der Linse befindet, dieselbe in $\frac{\omega}{F} + 1$ übergeht. Berechnen wir nun V nach beiden Formeln, nach Formel I, welche $\bullet$ vernachlässigt und nach Formel II, welche diese Grösse berücksichtigt, so erhalten wir, wenn $F = 2''$ und $\omega = 1''$ ist, nach Formel I $V = \frac{8}{2} = 4$, nach Formel II $V = \frac{8}{3} \times \frac{3}{2} = 4$. Setzen wir der Reihe nach $\omega = 2''$, $3''$ u. s. f., so erhalten wir immer $V = 4$. Wir erhalten also immer dasselbe Resultat, wir mögen ω welcher Grösse immer gleich setzen, und zwar stimmt dieses Resultat immer mit jenem überein, zu welchem wir bei Vernachlässigung von ω gelangen. Es ergibt sich daraus für den Fall, dass das Object im Brennpunkte der Loupe steht, zum mindesten die Ueberflüssigkeit, freilich auch die Unrichtigkeit der Panum'schen Formel.“

Dass also die absolute Vergrösserung, beruhend auf der absoluten Grösse des Netzhautbildes, für den Fall, dass das Object im Brennpunkte der Loupe steht, stets dieselbe ist, welches auch der Werth von ω, d. h. welches auch der Abstand des optischen Centrums der Loupe von jenem des Auges sei, das habe also ich zuerst durch Umwandlung der Panum'schen Formel gezeigt, und wenn ich trotzdem

von dem Einflusse des Abstandes der Knotenpunkte spreche, wiewohl ich für die Berechnungen von diesem Abstande absehe, so bezieht sich das auf die relative Vergrösserung. Die Panum'sche Formel wird daher vollkommen überflüssig für den Fall, wenn das Object im Brennpunkte der Loupe steht, also jenen Fall, den ich ja bei meinen Berechnungen allein berücksichtige, weil wir eben bei jedem Abstande der beiden optischen Systeme, der Loupe und des Auges, dieselbe absolute Vergrösserung erhalten, die absolute Grösse des Netzhautbildes also immer dieselbe ist, welchen Werth auch ∞ habe, ob dieser Abstand eben Null oder beliebig gross ist. Man braucht daher für die Berechnung der Vergrösserung nur die Brennweite der Loupe zu kennen und anzunehmen, dass die optischen Centren des Auges und der Loupe zusammenfallen. Die Panum'sche Formel zeigt aber auch die Unrichtigkeit der Panum'schen Angabe. Nicht als ob ich behaupten würde oder behauptet hätte, dass nicht die Vorrückung des Knotenpunktes die Grösse des Netzhautbildes steigerte und dass der Einfluss dieser Vorrückung des Knotenpunktes nicht durch die Panum'sche Formel berechnet werden könnte — ich habe eben früher die betreffende Stelle citirt — aber gerade der Fall, wenn das Object in der Brennweite der Loupe steht, zeigt, dass wenn der Einfluss der Vorrückung des Knotenpunktes der möglichst grösste ist, das Netzhautbild doch nur ebenso gross, als wenn man den Abstand zwischen Loupe und Auge vernachlässigt, aber nie grösser wird und dass man also im Falle der stärksten Vergrösserung doch keine stärkere erhält, als jene, die sich bei der von Panum angefeindeten Loupenformel, welche eben den Abstand zwischen Auge und Loupe vernachlässigt, ergibt.

Und wenn die für einen speciellen Fall nach der Art und Weise, wie ich sie zu meinen Berechnungen allein brauchen kann, durchgeführte Rechnung nicht die theoretische Uebereinstimmung zeigt, weil der Abstand beider Knotenpunkte des Sammelsystems vernachlässigt und ein mittlerer Knotenpunkt bei der Berechnung angenommen wird, wenn deshalb statt der geforderten theoretischen Vergrösserung 4 die Rechnung nur eine Vergrösserung 3·85 ergibt, so könnte höchstens daraus geschlossen werden, dass ich in Folge einer nicht ganz exacten Rechnung zum Schlusse käme, dass durch die Entfernung der beiden optischen Systeme das Netzhautbild kleiner wird, statt zu dem, dass es gleich gross bleibt. Aber wie es z. B. einem Anderen unbegreiflich ist, dass ich die Panum'sche Formel in dem klar erörterten Sinne für überflüssig und unrichtig halte, so ist mir wieder dafür nicht recht begreiflich, wie dieser selbe Andere daraus, weil ich finde, dass das

etzhautbild durch Entfernung der optischen Systeme kleiner wird, n Schluss zieht, dass ich der Ansicht bin, dass es grösser werde. an wird mir nach allem dem, was ich in Betreff der absoluten rösse der Netzhautbilder bei Gelegenheit der Berechnung der Augenegelvergrösserung gesagt und hier citirt habe, das Lächeln nicht für gut halten, dessen ich mich nicht erwehren konnte, als ich in lbrecht von Graefe's Archiv für Ophthalmologie XVII. Band II. btheilung 1871 pag. 137 den Beweis dafür erbracht sah, den ich hon ein halbes Jahrzehnt früher durch Umwandlung der Panum'schen ormel erbracht hatte, dafür nämlich, dass, wenn ein Object im Brennnkt einer Loupe steht, das von demselben entworfene Netzhautbild i allen Abständen der beiden optischen Systeme (des Auges und r Loupe) absolut gleich gross bleibt. Interessant ist nur, dass, da h auf Grund meiner Angaben die Zunahme der Vergrösserung retiv zur Entfernung annahm und selbst für den Fall annahm, dass e absolute Grösse des Netzhautbildes bei der Zunahme der Entrnung abnimmt, nun rathlos dastehen sollte, da auf Grund meiner genen Angaben, welche nach einem halben Jahrzehnt im Archiv für phthalmologie neuerdings wieder bewiesen werden, „alle früher anführten Mauthner'schen Behauptungen in Nichts zusammenfallen" id ich desshalb, weil alle meine Angaben richtig sind, verurtheilt rde, „für die auf Grund der Beobachtungen gedeuteten Erscheinungen ne andere Erklärungsweise zu suchen."

Ehe ich mich aber dazu entschliesse, den Gegenstand nochmals erwähnen, will ich mir zunächst folgende Bemerkung erlauben. Das t Emphase und mit gesperrter Schrift verkündete Gesetz über die abhängigkeit der Bildgrösse von dem gegenseitigen Abstande der tischen Systeme (für den oft erwähnten Fall), dieses Gesetz, ausdrückt durch die Gleichung:

$$\beta_2 = -\beta_1 \frac{\varphi_1}{v_2}$$

det sich ganz in der gleichen Form volle zwei Jahre früher im ptember-October-Heft 1869 der Annales d'oculistique in einer beit Giraud-Teulon's. Auf pag. 108 steht die Gleichung:

$$-\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{f}{\varphi^1}$$

l dazu die Erklärung:

ette équation nous indique que le rapport de l'object retinien a son ıge aérienne (für ein emmetropisches accommodationsloses Auge) est nstant c'est-à-dire indépendant de la distance de la lentille."

Ich möchte nicht, dass der Vorwurf erhoben würde, dass auch der Deutsche anfange, selbst die in den hervorragendsten der fremden oculistischen Journale enthaltenen Arbeiten gar nicht zu kennen. Desshalb citire ich Giraud-Teulon. Die Formel findet sich allerdings auch schon, aus der Panum'schen Formel abgeleitet, in jener Kritik vom 13. September 1868, jedoch ohne dass ihre Bedeutung erkannt wurde, wiewohl ich selbst eben in der kritisirten Arbeit mit den klarsten Worten das Gesetz aus der umgewandelten Formel Panum's gezogen habe.

Doch jetzt zur Sache! 1. Man bringt ein Object, z. B. Jaeger'sche Schrift Nr. 1 in den Brennpunkt einer starken Convexlinse und unmittelbar vor die Linse einen undurchsichtigen Schirm mit einem centralen Loche von einigen Linien Durchmesser. Man legt das Auge nahe an und hat eine bestimmte Vergrösserung. Man entfernt sich. Wird ursprünglich eine bestimmte Anzahl von Buchstaben gesehen, so wird die Zahl der sichtbaren Buchstaben jetzt geringer. Endlich, bei einer bestimmten Entfernung sieht man nur noch Einen Buchstaben und bei noch grösserer Distanz nur noch einen schwarzen Schimmer, welcher das Gesichtsfeld erfüllt. Dies ist die Erscheinung, welche von einer Seite als eine offenbare optische Täuschung hingestellt wird, welche ihre Begründung darin finden soll, dass das Verhältniss zwischen Vergrösserung und Gesichtsfeld sich zu Ungunsten des letzteren ändert, deren Begründung von anderer, „alle meine Behauptungen in Nichts zusammenfallen" machender Seite aber mit den Worten dahingestellt bleibt: „Warum ein emmetropisches Auge dennoch nicht aus grösserer Entfernung Details des untersuchten Auges wahrnimmt, kann nicht Gegenstand dieser Abhandlung sein."

Wir wollen nun annehmen, dass die Grösse des Gesichtsfeldes sich gar nicht ändere, d. h. dass die Oeffnung des Schirmes das eine Ende einer cylindrischen Röhre (eines gewöhnlichen Oculars) darstelle, deren anderes Ende durch die Jaeger'sche Schrift geschlossen wird. Es kann dann in Folge der Entfernung des Auges das Gesichtsfeld nicht abnehmen, d. h. es wäre, wenn nicht die Linse in der Röhre stecken würde, auf jeden Abstand, in welchem überhaupt von der ganzen Sache noch etwas gesehen wird, möglich, das ganze Planum der Schrift zu übersehen. Man sieht nun auch unter solchen Umständen die Zahl der Buchstaben mit der Entfernung des Auges abnehmen und endlich nur noch einen schwarzen Schimmer das Gesichtsfeld erfüllen. Von einer optischen Täuschung ist hierbei aber nicht die geringste Rede. Die Grösse des Bildes, welches vom Diaphragmaloche auf der Netzhaut entworfen wird, bestimmt die Ausdehnung des Gesichtsfeldes,

d. h. man kann eben nur jene Objecte sehen, welche innerhalb dieses Lochbildes auf der Netzhaut abgebildet werden. Steckt keine Linse in der cylindrischen Röhre, dann wird innerhalb dieses Lochbildes ein Bild des ganzen Planums der am entfernteren Ende der Röhre angebrachten Schrift entworfen, weil es kleiner ist. In welche Entfernung von der Röhre ich mich begebe, immer sehe ich das ganze Planum der Schrift, weil mit der Entfernung allerdings das Netzhautbild des Loches, aber in gleicher Proportion auch das Netzhautbild des Buchstabenplanums abnimmt. Es wird mich also an der Wahrnehmung sämmtlicher Buchstaben der Schrift die wachsende Entfernung nicht hindern, selbstverständlich so lange nicht, als die entworfenen Netzhautbilder für die Wahrnehmung des Objectes nicht zu klein werden.

Was geschieht aber, wenn die Convexlinse in der Röhre steckt und das Object zunächst in der Brennweite der Linse steht? Ein nicht accommodirendes emmetropisches Auge steht 1″ vom Diaphragma ab. Es entsteht ein sehr undeutliches Bild des Diaphragmaloches auf der Netzhaut, innerhalb dieses Bildes liegen die deutlichen Netzhautbilder der durch die Loupe gesehenen Buchstaben, soviel ihrer Platz haben. Das Auge entfernt sich hierauf auf 10″. Das Bild des Diaphragmaloches ist noch immer undeutlich, hat aber, indem wir den Einfluss der verschiedenen Grösse der Zerstreuungskreise bei der ersten und der zweiten Stellung des Auges für unseren Zweck vernachlässigen können, im Durchmesser um das Zehnfache abgenommen, die Grössen der Netzhautbilder der Buchstaben haben aber, weil das Object sich im Brennpunkte der Loupe befindet, nicht abgenommen, sie sind dieselben geblieben. Dass nun innerhalb des Lochbildes weniger Buchstabenbilder Platz haben werden, wie früher, das scheint mir nicht so ganz unbegreiflich, und ebensowenig unbegreiflich ist es mir, dass bei einem bestimmten Abstande des untersuchenden Auges, also einer bestimmten Kleinheit des Bildes des Diaphragmaloches nur noch das Netzhautbild eines einzigen Buchstabens und endlich auch dieses nicht mehr Platz hat, so dass nur noch ein schwarzer Schimmer im Bereiche des Loches sich zeigt. Ganz dasselbe gilt auch, wenn das Object nicht im Brennpunkte der Loupe, sondern zwischen Brennpunkt und Loupe steht. So lange noch überhaupt eine deutliche Loupenwirkung hervortritt, wird mit Zunahme der Entfernung des Auges allerdings die absolute Grösse des Netzhautbildes der Buchstaben abnehmen, aber im Vergleiche zur Abnahme der Grösse des Netzhautbildes des Diaphragmaloches wird doch noch immer eine relative Zunahme der Bildgrösse der Buchstaben stattfinden.

Nehmen wir statt der feinen Schrift den Sehnerven eines emmetropischen Auges, so handelt es sich genau um dieselben Verhältnisse. Selbst wenn die Ausdehnung des Gesichtsfeldes bei steigender Entfernung des untersuchenden Auges vollkommen dieselbe bliebe, muss mit der Abnahme der Grösse des Netzhautbildes des Diaphragmaloches, d. i. mit Abnahme der Grösse des Netzhautbildes der Pupille die Zahl der sichtbaren Objecte des Augengrundes abnehmen, und bei einer bestimmten Entfernung kann selbst bei maximal erweiterter Pupille, wenn man nur noch aus diesem Abstande die genügende Beleuchtung herstellt, bloss der rothe Schimmer eines Netzhautgefässes das ganze Pupillengebiet decken. Die Vergrösserung hat also, wiewohl die absolute Grösse des Netzhautbildes der Objecte des Augengrundes dieselbe geblieben ist, relativ zur Entfernung, zugenommen, und dies ist demnach der Grund für das allmälige Verschwinden der Objecte aus dem Gesichtsfelde. Und weil ja ein Schlüssel „in 6", in 8", 10" und 12" gleich gross erscheint," wiewohl sein Netzhautbild mit der Entfernung abnimmt, so „schätzen" wir auch die Pupille gleich gross, ob wir 4 oder 6 oder 18" vom Auge abstehen. Relativ aber zur Grösse des Netzhautbildes der Pupille hat das Netzhautbild der Papille der Entfernung proportional zugenommen. Das vom Bilde der Pupille begrenzte Netzhautbild der Papille ist 10mal so gross, als das die Grenzen des Sichtbaren bestimmende Bild der Pupille, wenn der Durchmesser dieses letzteren Bildes in Folge der Entfernung um das 10fache abgenommen hat, in Folge dessen steigt also auch die scheinbare Vergrösserung.

Begreift man vielleicht jetzt, was ich darunter verstehe, wenn ich sage, dass die Vergrösserung relativ zur Entfernung zunimmt? wenn ich sage, dass „durch die Vorrückung des Knotenpunktes von demselben Objecte grössere Netzhautbilder entworfen werden, als sie für die gegebene Entfernung entworfen würden, wenn der Knotenpunkt nicht vorrückte?" Begreift man, dass, wenn ein reducirtes emmetropisches Auge ein anderes reducirtes emmetropisches Auge untersucht und beide Augenknotenpunkte zunächst in Einen Punkt zusammenfielen, so dass also von der Papille des Untersuchten im Auge des Untersuchers ein der Papille gleich grosses Bild, etwa von 1·5 M^{m}· D. entworfen wird, dieses Bild, wenn zwischen beiden Knotenpunkten ein Abstand von 15 M^{m}· einträte und der Knotenpunkt des untersuchenden Auges nicht vorrückte (das Object also jetzt nicht 15, sondern 30 M^{m}· vom Knotenpunkte des Untersuchers abstände), nur einen Durchmesser von 0·75 M^{m}· hätte; begreift man,

ieses Bild, wenn der Knotenpunkt nicht vorrückte, bei Abstande der Knotenpunkte von 285 $M^{m.}$ nur noch 0·075, bei Abstande desselben von 2985 $M^{m.}$ nur noch 0·0075 $M^{m.}$ im Durch- hätte, während in Folge der Vorrückung des Knoten- s das Netzhautbild auch in letzterem Falle noch einen Durch- von 1·5 $M^{m.}$ darbietet, von dem Objecte also in Folge der ıckung des Knotenpunktes ein 200mal grösseres Netz- ild entworfen wird, als es entworfen würde, wenn der ınpunkt nicht vorrückte?

Doch was geben wir uns mit solchen Lappalien ab! Es ist klar, ıch die 1·5 $M^{m.}$ im Durchmesser haltende Papille eines etwaigen ropischen Fixsternbewohners noch in unserm Auge ein Bild mit Linearduchmesser von 1·5 $M^{m.}$ entwirft, während der ganze Fix- auch bei den kolossalsten Fernrohrvergrösserungen noch kein ıutbild von messbarem Durchmesser liefert! Fängt es an aufzu- rn, dass die Loupenvergrösserung mit der Entfernung der opti- Systeme von einander relativ zur Entfernung wächst, wenn ı Auge eines Fixsternbewohners ohne weitere Vorrichtung Details Tausendstel Millimeter unterscheiden kann? Fängt man an zu ıen, dass wenn der Abstand der beiden Systeme „unendlich" ;eworden ist, auch die Vergrösserung „unendlich" gross geworden Vem das noch nicht einleuchtet, der berechne, wie gross der nesser eines in Fixsternweite befindlichen Objectes sein müsste, sein Netzhautbild einen Durchmesser von 1·5 $M^{m.}$ erreicht. Er ıe dann, wie vielmal dieses Object grösser ist, als die Papille Emmetropen, von welcher aus dem gleichen Abstande auch ein on 1·5 $M^{m.}$ entworfen wird. Er wird sich überzeugen, dass die ız zwischen den beiden Wertheu etwas bedeutender ausfällt, als nan die Grösse eines Objects bestimmt, welches ohne Intervenner Loupe etwa aus der Entfernung von 3 Zoll ein Bild von · gibt, und wenn man die Grösse dieses Objects mit dem ; von 1·5 $M^{m.}$ vergleicht. Und so viel billionenmal, als der erste ıt grösser ist als der zweite, soviel billionenmal hat die relative sserung zugenommen.

)ll ich wiederholen, warum auch die scheinbare Grösse der Bilder ıt? Wenn wir uns von einem Objecte entfernen, muss sein Netzd in entsprechender Proportion abnehmen, damit wir es gleich „schätzen." Nun liegt die Projectionsebene des virtuellen ophscopischen Bildes einige Zoll hinter der Pupille des Untersuchten, r vermuthen es, was übrigens für diese Betrachtung gleichgiltig

ist, sogar noch näher der Pupille. Wenn sich jetzt das untersuchende Auge entfernt, so „schätzt" es die Pupille des untersuchenden Auges immer gleich gross, da aber das Netzhautbild eines in der Pupille sichtbaren Retinalgefässes an Grösse nicht abnimmt, so können wir uns unmöglich der Vorstellung erwehren, dass das Netzhautbild nunmehr einem grösseren Objecte entspricht, und einem um so grösseren, je weiter sich das untersuchende Auge entfernt — daher die wahrhaft kolossalen Dimensionen, welche die Retinalgefässe eines untersuchten emmetropischen Auges bei zunehmendem Abstande der Augen anzunehmen scheinen, bis endlich aus früher erörterten Gründen, welche mit der scheinbaren Vergrösserung nicht das Geringste zu thun haben, nur noch ein rother Schimmer die Pupille deckt.

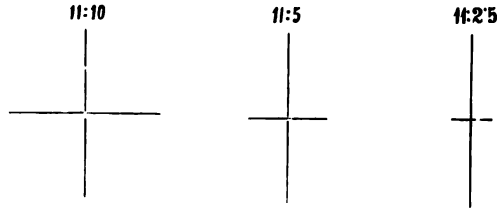
2. Die Erklärung der Erscheinungen, die bei Anwendung eines Cylinderglases oder im astigmatischen Auge auftraten, sind wir noch zu geben genöthigt. Ich bringe die Zeichnung eines Kreises 5" hinter einer Convexcylinderlinse von 5" B. W. an, stelle den brechenden Meridian der Linse z. B. vertical, so dass also der horizontale Linsenmeridian optisch unwirksam ist. Ein Emmetrop lege das Auge zunächst an die Linse an, so dass zwischen Knotenpunkt des Auges und Linsencentrum ein Abstand von $^1/_2$" besteht. Der verticale Durchmesser A des Kreises entwirft ein Netzhautbild a, gerade so gross als es wäre, wenn A nicht durch eine Linse betrachtet würde, sondern statt $5^1/_2$" bloss 5" vom nicht vorrückenden Augenknotenpunkte abstände. Der horizontale Meridian B des Kreises entwirft ein Netzhautbild b, dessen Grösse, da der horizontale Meridian der Linse optisch unwirksam ist, sich berechnet aus der Grösse von B und aus dem Abstande des Kreises vom Augenknotenpunkte, welcher Abstand $5^1/_2$" beträgt. Da A und B gleich gross sind, so erhalten wir, wenn wir von der Undeutlichkeit des b-Bildes absehen, die Proportion:

$$a : b = 5^1/_2 : 5 = 11 : 10.$$

Ist also a etwa $= 11x$, so ist $b = 10x$. Das Netzhautbild des verticalen Kreisdurchmessers ist um 0·1 grösser als das des horizontalen, wir sind nicht oder kaum im Stande eine Entrundung des Kreises wahrzunehmen. Der Untersucher entfernt sich nun auf einen Abstand von 6" vom Linsencentrum. Das Netzhautbild von A ist dasselbe geblieben, seine Grösse also $= 11x$, das Netzhautbild von B hingegen beträgt, weil B vom Augenknotenpunkte nunmehr nicht $5^1/_2$, sondern das Doppelte, 11", absteht, nicht mehr $10x$, sondern $5x$. Es entsteht also auf der Netzhaut nicht mehr ein kreisförmiges Bild, sondern ein Bild von der Form einer aufrechtstehenden Ellipse,

obei die grosse, verticale Axe der Ellipse um mehr als das Dopelte die kleine, horizontale Axe an Grösse übertrifft. Es ist also eine optische Täuschung, wenn der Kreis, während man sich von der inse bis auf den Abstand von 6" entfernt, sich immer mehr und mehr n der Richtung des brechenden Linsenmeridians auszieht, sondern es st diese Erscheinung einfach darin begründet, dass das Netzhautbild ierbei seine Form aus der kreisförmigen oder nahezu kreisförmigen in lie stark elliptische verändert hat. Brauche ich die Sache noch weiter zu verfolgen? Brauche ich noch zu sagen, dass bei einem Abstande von 12" der verticale Durchmesser des Netzhautbildes sich zum horizontalen verhält, wie 11 : 2·5, bei einer Distanz von 24", wie 11 : 1·25, dass also, je weiter man sich von der Cylinderlinse entfernt, das Netzhautbild um so stärker nach der Richtung des brechenden Meridians ausgezogen wird und daher die Ellipse um so mehr nach der Richtung des brechenden Meridians ausgezogen erscheint? Die beistehende Fig. 56 kann übrigens, wenn es nöthig sein sollte, die Vorstellung noch unterstützen.

Fig. 56.



Wenn, wie dies beim Auge der Fall ist, das Object sich innerhalb der Brennweite der supponirten Cylinderlinse befindet, dann nimmt, wie ich diess ausdrücklich hervorgehoben habe, die absolute Grösse des Netzhautbildes, das mit Hilfe des brechenden Meridians dieser Cylinderlinse allein entworfen würde, mit zunehmender Entfernung ab, aber das relative Verhältniss zwischen der Grösse des Netzhautbildes, das im brechenden Meridian, und desjenigen, das im nicht brechenden Meridian erzeugt wird, also die relative Zunahme der Grösse des Netzhautbildes im brechenden Meridian im Vergleiche zu dessen Grösse im nicht brechenden Meridian bleibt bestehen, wodurch die von mir beschriebenen Erscheinungen bei Astigmatismus zu Stande kommen.

Von allem Dem also, was ich über die hieher gehörigen Beobachtungen und über deren Erklärungsweise vor Jahren gesagt habe, brauche ich auch nicht ein Jota zurückzunehmen.

Ich hätte mich bei dem letzten Thema nicht so lange aufgehalten, wenn es sich um ein vereinzeltes „Missverständniss" gehandelt hätte. Dem st aber nicht so. So sagt z. B. Schweigger, jener Autor, welcher, um ich bei der Berechnung der Loupenvergrösserung von der je nach der

Projectionsentfernung wandelbaren Grösse des virtuellen Bildes frei zu machen, die ophthalmoscopische Vergrösserung nach der Grösse des Gesichtswinkels bestimmt, unter welchem der Augengrund in den verschiedenen Fällen erscheint, dennoch Folgendes: „Das Object, welches auf der Retina des Beobachters abgebildet wird, ist ja doch das virtuelle Bild der in der Brennweite des Convexglases befindlichen Schriftproben;" (s. den früher beschriebenen Versuch). „Dieses Bild liegt aber bereits in unendlicher Entfernung hinter dem Convexglas und es wird demnach für die Grösse des Netzhautbildes gleichgiltig sein, ob man sich noch ein paar Zoll vom Convexglas entfernt." Es ist sonderbar, dass ich gerade diesen verehrten Autor daran erinnern muss, dass es sich nicht um ein in unendlicher Entfernung gelegenes Bild, sondern, wenn wir z. B. von der Papille des emmetropischen Auges sprechen, um ein Object von 1·5 M$^{m.}$ D., welches 15 M$^{m.}$ hinter dem Knotenpunkte des dioptrischen Systems des Auges liegt, handelt. Von diesem Objecte wird im Auge des Beobachters bei einem bestimmten Abstande desselben ein Bild von bestimmten Dimensionen, also z. B. wieder von 1·5 M$^{m.}$ D. entworfen, und es wäre gar nicht unmöglich, dass, wenn der Abstand der beiden Augen „um ein paar Zoll" zunimmt, das Netzhautbild grösser würde, also etwa einen Durchmesser von 1·6 M$^{m.}$ erlangte. Wenn ein Auge mit $M^1/_3$ durch ein 1" vor dem Knotenpunkte stehendes Glas corrigirt wird, so entwirft der Sehnerve von 1·5 M$^{m.}$ D. im beobachtenden emmetropischen Auge ein Netzhautbild, dessen Durchmesser 1·70 M$^{m.}$ (s. Tabelle V) beträgt, und wenn die Correction der Myopie durch ein Glas erfolgt, welches noch Einen Zoll weiter ab, also 2" vor K steht, so ist der Durchmesser des Netzhautbildes, wie ich hier bemerken will, auf nicht weniger als 3·39 M$^{m.}$, die Vergrösserung auf das 32·68 fache gestiegen — und doch liegt in beiden Fällen für das beobachtende Auge das Bild in unendlicher Entfernung, da die Strahlen immer parallel auf dieses Auge auffallen.

Doch diese Bemerkung ist nebensächlich. Die Hauptsache ist die, dass ich nirgends und nie und nimmer erklärt habe, dass mit zunehmendem Abstande der Augen die absolute Grösse der Netzhautbilder zunehme.

Es fällt hiermit auch der Vorwurf, welcher mir in Nagel's Jahresbericht über die Fortschritte der Augenheilkunde „für das Jahr 1870" so wie auch in jenem „für das Jahr 1871" gemacht wird. Dort heisst es, dass „meine Angaben über die Vergrösserung des ophthalmoscopischen Bildes von einzelnen Irrthümern nicht frei sind, welche auch schon von Anderen gerügt wurden." Dazu wird noch auf die früher besprochene Archivs-Arbeit hingewiesen. „So nimmt die Vergrösserung,"

heisst es weiter, „im aufrechten Bilde beim emmetropischen Auge nicht mit zunehmender Entfernung beider Augen zu, wie M. angibt, sondern ist von dieser Entfernung ganz unabhängig; beim hypermetropischen Auge nimmt sie mit zunehmender Entfernung sogar ab, anstatt, wie M. meint, zuzunehmen etc.“

Wenn sich nun in meiner Ophthalmoscopie keine anderen Irrthümer finden, als die, dass „die Vergrösserung, **immer im Vergleiche mit der gesetzten Entfernung**, eine um so stärkere sein muss, je weiter wir uns vom untersuchten Auge entfernen,“ pag. 180; dass, weil bei zunehmender Entfernung der Knotenpunkt des Sammelsystems beträchtlich vor den Knotenpunkt des untersuchenden Auges rückt, „von demselben Objecte grössere Netzhautbilder entworfen werden, als sie für die gegebene Entfernung entworfen würden, falls der Knotenpunkt nicht vorrückte“ pag. 179; dass, wenn das Object im Brennpunkte einer Loupe steht, die absolute Vergrösserung, d. i. die absolute Grösse des Netzhautbildes stets dieselbe bleibt, mag der Abstand zwischen Loupe und Auge Null sein oder eine beliebige Grösse betragen, pag. 217; dass falls das Object innerhalb des Brennpunktes der Augenloupe steht, „die absolute Grösse des Netzhautbildes, wenn das untersuchende Auge sich vom untersuchten entfernt, bald abnehmen muss, wiewohl das optische Centrum des aus untersuchendem und untersuchtem Auge bestehenden Sammelsystems vorrückt,“ pag. 226; — ich sage, wenn in meiner Augenspiegellehre sich keine anderen Irrthümer als die genannten finden, und wenn die durch das Etcaetera-Zeichen des geehrten Kritikers angedeuteten Irrthümer von gleicher Qualität wie die genannten sind, dann kann ich wohl behaupten, dass das Buch von Fehlern ziemlich frei sein dürfte.

Sechzehnte Vorlesung.

Das Sehen des Hypermetropen und Myopen. Die relativen Accommodationsbreiten der emmetropischen und ametropischen Augen.

Nach der Abschweifung, welche wir uns in der letzten Vorlesung zu dem Zwecke erlaubten, damit derjenige, welcher sich mit den optischen Fehlern des Auges beschäftigt, auch weiss, wie und wieviel mit dem unentbehrlichen Augenspiegel sieht, gehen wir nunmehr, meine Herren! zu den Erscheinungen über, welche das hypermetropische und myopische Auge einfach in Folge des optischen Fehlers, der fehler-

haften Lage des Fernpunkts, darbietet. Die erste Frage, die sich da aufdrängt, ist: Wie sieht der Hypermetrop, wie der Myope, natürlich ohne Hilfe eines Glases?

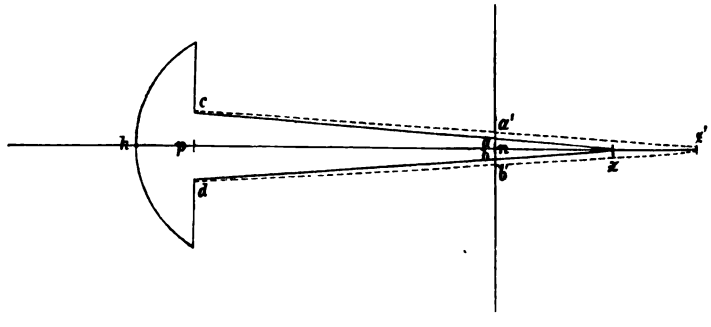
Das Sehen des Hypermetropen ist, wenn wir von der bei Hypermetropie factisch vorkommenden Sehschärfe, die ja mit der Lage des Fernpunkts nichts zu thun hat, zunächst absehen und ein normales Accommodationsvermögen voraussetzen, je nach dem Abstande des negativen Fernpunkts vom Augenknotenpunkte, d. h. je nach dem Grade der Hypermetropie verschieden. Man muss in dieser Beziehung unterscheiden die nicht facultativen Hypermetropen hohen Grades von jenen niederen Grades und diese wieder von den facultativen Hypermetropen. Nicht facultative Hypermetropen hohen Grades sind diejenigen, bei welchen die mit einer bestimmten Convergenz verbindbare Accommodation nicht hinreicht, um von dem im Convergenzpunkte gelegenen Objecte so deutliche Bilder auf der Netzhaut zu entwerfen, dass aus den Zerstreuungskreisen heraus die wahre Form des Gegenstandes erkannt werden könnte. Allerdings wird es begreiflicherweise grobe Objecte geben können, deren Bilder trotz der Zerstreuungskreise deutlich genug sind, um ein Erkennen zu gestatten, aber selbst den gewöhnlichen Anforderungen, welche das Lesen mittlerer Druckschrift u. s. f. an die Leistungsfähigkeit der Augen stellt, werden dieselben nicht erfüllen können. Wenn also der Sehschärfe des Auges gemäss auf die Entfernung von 12″ Nr. 1 Jaeger gelesen würde, falls für diesen Abstand accommodirt werden könnte, so wird, wenn wir bei der rein physikalischen Betrachtung bleiben, jener Hypermetrop, welcher bei der Convergenz für 12″ ein im Verhältniss zu seiner Hypermetropie viel zu geringe Accommodation aufbringt, weder diese Schrift noch auch eine grössere erkennen, insolange die Zerstreuungskreise der einzelnen Buchstaben in einander greifen. Ist jedoch die Schrift von einer bestimmten Grösse, sind die Buchstaben oder die Zwischenräume zwischen den die einzelnen Buchstaben constituirenden Strichen und endlich in entsprechender Weise die Zwischenräume zwischen den einzelnen Buchstaben selbst gross genug, dann werden die Zerstreuungskreise der Buchstaben und ihre Theile nicht die Zwischenräume vollständig erfüllen und mit der Möglichkeit der Wahrnehmung der Zwischenräume ist auch jene des Erkennens der Objecte gegeben. Es wird also ein besagter Hypermetrop auf den Abstand von 12″ z. B. Schrift Nr. 14 Jaeger, aber keine kleinere lesen. Welchen Erfolg wird die Annäherung des Objectes z. B. bis auf 6″ haben? Es fragt sich, ob für diese Nähe noch relativ ebenso stark accommodirt wird, wie für 12″.

Würde durch die stärkere Contraction der Interni der Accommodationsmuskel auch zu weiterer Contraction angetrieben, dann könnte es, besonders da die Pupille sich gleichzeitig verengert, geschehen, dass die Zerstreuungskreise der Bilder der 6″ abstehenden Objecte denselben Durchmesser haben wie jene, die von den 12″ entfernten Gegenständen entworfen werden. Da aber die Netzhautbilder nunmehr die doppelte Grösse haben, so ist begreiflich, dass in 6″ eine um die Hälfte kleinere Schrift erkannt würde. Dies wäre eine sehr einfache Erklärung für die Thatsache, dass nicht facultative Hypermetropen hohen Grades in grosser Nähe relativ am deutlichsten sehen, dass sie z. B. auf einen Abstand von 5 oder 4 Zoll Schriften lesen können, welche sie in der doppelten Entfernung nicht zu entziffern vermögen. Dass aber diese Erklärung nicht stichhaltig sein kann, geht schon daraus hervor, dass das relativ deutlichste Sehen dieser Hypermetropen nicht selten in Abständen eintritt, für welche ein emmetropisches Auge gar nicht accommodiren könnte, dass also in Abständen von 3 oder 2 Zollen oder selbst noch in grösserer Nähe relativ am schärfsten gesehen wird, die relativ kleinsten Schriftproben gelesen werden. Auch muss bedacht werden, dass solche Hypermetropen, wenn ihnen an der Mitwirkung ihrer Accommodation überhaupt noch etwas gelegen ist, gelernt haben, bei schwacher Convergenz relativ sehr stark zu accommodiren, so dass also eine Steigerung der Convergenz von 12 auf 6″ nicht den gewünschten Erfolg in Betreff der Zunahme der Accommodation haben wird. Die Erfahrung zeigt übrigens, dass die in Rede stehenden Uebersichtigen, die in grosser Nähe arbeiten, ihren Accommodationsapparat in der Regel durchaus nicht excessiv anspannen, indem es die Regel ist, dass sie nicht über Augenermüdung klagen, welcher die Hypermetropen der zweiten und dritten Kategorie, wie wir hören werden, verfallen.

v. Gräfe hat, als die Lehre der optischen Fehler noch in der Wiege lag, bereits (1855) den Grund dafür angegeben, warum hochgradige Hypermetropen in grosser Nähe relativ am deutlichsten sehen. In der Entfernung a habe das Netzhautbild eines Objectes den Durchmesser x und der Zerstreuungskreis, der von jedem Objectpunkte auf der Netzhaut des betreffenden hypermetropischen Auges entworfen wird, habe den Durchmesser y. Wird der Objectsabstand $^1/_2\,a$, dann können wir den Bilddurchmesser mit $2\,x$ setzen. Wie ändert sich aber y? Würde es sich in $2\,y$ ändern, dann erwüchse dem Auge kein Vortheil. Das Netzhautbild wäre zweimal so gross als früher, aber auch zweimal so undeutlich. Ein solches Wachsen der Zerstreuungskreise proportional der Zunahme der Bildgrösse könnte übrigens niemals eintreten, wenn

beim Uebergange des Objectes von dem Abstande a nach $^1/_2\ a$ weiter accommodirt würde. Lassen wir aber die Accommodation aus dem Spiele, wie sie wirklich nach dem schon Erwähnten bei unseren Hypermetropen aus dem Spiele bleibt, so wird doch nicht y doppelt so gross, wenn x in 2 x übergeht. Es wächst, wie eine einfache Rechnung beweist, der Durchmesser der Zerstreuungskreise mit Annäherung des Objectes unverhältnissmässig langsamer als jener des Netzhautbildes. Zeigen wir dies für ein aphakisches Auge, bei welchem wir mit sicheren Daten rechnen können. Nehmen wir (Fig. 57) ein aphakisches Auge mit H $\frac{1}{2{\cdot}6}$, einem Hornhautradius von 8 M$^{m\cdot}$ und einer Axenlänge von 24·4

Fig. 57.



M$^{m\cdot}$ [1]). Ein Object, das 1000 Millimeter (= 36·9 P. Z.) vom Knotenpunkte, also (da $\varphi_1 = 23{\cdot}7$ und $\varphi_2 = 31{\cdot}7$) $1000 - 31{\cdot}7 = 968{\cdot}3$ M$^{m\cdot}$ vom vordern Brennpunkte absteht, entwirft, da $l_2 = \frac{\varphi_1 \varphi_2}{l_1} = \frac{23{\cdot}7 \times 31{\cdot}7}{968{\cdot}3}$ $= 0{\cdot}775$, ein Bild, das 0·775 M$^{m\cdot}$ hinter f_2, also $31{\cdot}7 + 0{\cdot}775 = 32{\cdot}475$ M$^{m\cdot}$ hinter h und 8·075 M$^{m\cdot}$ hinter der Netzhaut n in z gelegen ist. Von Einem Punkte des Objectes entsteht auf der Netzhaut ein Zerstreuungskreis mit dem Durchmesser $a\,b$. Wir nehmen $a\,b$ geradelinig und parallel mit der Pupillenfläche, deren Durchmesser $= c\,d$. Für die Lage der Basis des Strahlenkegels, dessen Durchschnitt $c\,d$ ist, da das Auge keine Linse besitzt, die wirkliche Lage der Pupille massgebend. Der Pupillenmittelpunkt p liege 4 Millimeter hinter der Hornhaut, dann ist $p\,z = 28{\cdot}475$ M$^{m\cdot}$ Nehmen wir den Pupillendurchmesser $c\,d$ auch $= 4$ M$^{m\cdot}$, dann erhalten wir:

$$c\,d : a\,b = p\,z : n\,z$$

mithin $\quad 4 : a\,b = 28{\cdot}475 : 8{\cdot}075$

und daher $\quad a\,b = 1{\cdot}134$ M$^{m\cdot}$

[1]) S. pag. 243.

Die Zerstreuungskreise auf dem centralen Theile der Netzhaut haben einen Durchmesser von 1·134 M^m.

Nun rücke das Object aus dem Abstande von 1000 M^m. bis auf den von 100 M^m. (= 3·69 P. Z.) an den Knotenpunkt heran. Der Durchmesser des undeutlichen Netzhautbildes ist jetzt, da der Abstand vom Knotenpunkte um das Zehnfache abgenommen, auf das Zehnfache gewachsen. Wie gross ist aber jetzt der Durchmesser $a' b'$ der Zerstreuungskreise? Da jetzt $l_1 = 100 - 31{\cdot}7 = 68{\cdot}3$ M^m., so ist $l_2 =$ 11 M^m., mithin $pz' = 38{\cdot}7$ und $nz' = 18{\cdot}3$,

daher $4 : a' b' = 38{\cdot}7 : 18{\cdot}3$

und $a' b' = 1{\cdot}89$ M^m.

Während also der Bilddurchmesser zehnmal so gross geworden, ist der Durchmesser der Zerstreuungskreise nur von 1·134 M^m. auf 1·89 M^m., also nur um das $1^2/_3$fache gestiegen!

Der hochgradige Hypermetrop also, welcher die Erfahrung gemacht hat, dass ihm die stärkste Accommodationsanstrengung für das Erkennen des Objectes nichts nützt, findet den Modus auf, seine Accommodation in relativ geringem Maasse in Anspruch zu nehmen, dafür aber die Gegenstände dem Auge möglichst zu nähern. Da es ihm nicht möglich ist, durch stärkste Annäherung des deutlichen Bildes an die Netzhaut dasselbe auf den percipirenden Schichten in solch' relativer Schärfe erscheinen zu lassen, dass die Formen des Objectes unterschieden werden könnten, so bemüht er sich nicht, seinen Accommodationsapparat zu diesem Zwecke mit aller Energie in Anspruch zu nehmen. Er lässt vielmehr, indem er das Object unverhältnissmässig dem Auge nähert, das deutliche Bild immer weiter hinter die Netzhaut wandern und erreicht seinen Zweck jetzt besser, da trotz der fehlerhafteren Lage des deutlichen Bildes die Zerstreuungskreise auf der Netzhaut im Vergleiche zur Bildgrösse kleiner geworden sind.

Da aber das Kepler'sche Postulat: „Zur deutlichen Wahrnehmung ist ein scharfes Netzhautbild nothwendig", in solchen Augen niemals erfüllt werden kann, so ist begreiflich, wenn auch in grosser Nähe nur grössere Objecte erkannt, also z. B. nur grössere Druckschrift gelesen wird. Solche Hypermetropen erscheinen daher als hochgradige und schlechtsichtige Myopen, letzteres desshalb, weil man von den Myopen mit halbwegs guter Sehschärfe gewohnt ist, dass sie in der Nähe feinste Schrift lesen; sie unterscheiden sich aber, wie wir gleich hier erwähnen wollen, doch häufig schon bei der Naheleseprobe auf den ersten Blick dadurch von Myopen, dass beim Lesen die Augenlider zum Zweck der Verkleinerung der Zerstreuungskreise zusammengekniffen

werden oder dass gar, wie ich solches sah, Augenzittern (Nystagmus) eintritt, eine Augenbewegung, über die wir nicht viel, aber doch so viel wissen, dass sie schlechtsichtigen Augen das Erkennen der Objecte erleichtert. Ebenso ist es diesen (sowie den übrigen Hypermetropen, welche nicht deutliche Bilder entwerfen können und von denen wir gleich sprechen werden) eigen, dass sie — zum Zwecke, um die Pupille möglichst zu verengern und so wiederum die Zerstreuungskreise zu verkleinern — eine möglichst grelle Beleuchtung aufsuchen — etwas, was der Myop gleichfalls nicht thut.

Machen wir mit solchen hochgradigen Hypermetropen Sehprüfungen an entfernten Objecten, so werden natürlich, da der optische Fehler nicht facultativ ist, von den letzteren bei parallelen Gesichtslinien keine deutlichen Bilder auf der Retina entworfen. Der Accommodationsmuskel thut zwar das seinige, aber auch falls man es mit normaler Sehschärfe zu thun hätte, würden wegen der trotz des nicht selteneren Zusammenkneifens der Lider unvermeidlichen Zerstreuungskreise nur die grösseren Buchstabenreihen auf 20′ erkannt. Trotzdem sehen derartige Hypermetropen unvergleichlich besser in die Ferne als Myopen gleicher Sehschärfe und jenen Grades, den sie (die Hypermetropen) bei der Naheprüfung vortäuschen — gleichfalls ein wichtiges Moment zum sofortigen Unterscheiden beider Arten der Ametropie. Dagegen wird bei herabgesetzter Beleuchtung, wenn mit der Vergrösserung der Pupillen die Zerstreuungskreise zunehmen, das Sehen auffallend schlechter, als im hellen Tageslichte, wodurch solche Hypermetropen die Erscheinungen von Hemeralopie vortäuschen können [1]).

Bisher ist von der Art des Sehens der nicht facultativen Hypermetropen hohen Grades nichts angeführt worden, das nicht mit den physikalischen Gesetzen und mit den Erfahrungen übereinstimmte, welche Emmetropen beim Sehen durch Zerstreuungskreise geläufig sind. Allein in gar manchen Fällen überrascht der hochgradige Hypermetrop dadurch, dass er Objecte erkennt, deren Bild auf der Netzhaut von solcher Beschaffenheit ist, dass, falls wir dasselbe direct, natürlich mit gehöriger Vergrösserung, ansehen könnten, wir keine Spur mehr von den Zügen des Objectes erkennen würden. Derartige Hypermetropen lesen noch feinste Schrift bei sehr grosser Annäherung an das Auge, und wenn wir uns Rechenschaft darüber geben, wie das Bild dieser Schrift auf der Retina aussieht, so kommen wir zu dem Resultate, dass es eine gleichmässige schwärzliche Schmiere sei, in welcher die Form

[1]) S. pag. 153.

eines Buchstabens nicht mehr zu erkennen ist. Da hört denn die Annahme einer rein physikalischen Erklärung auf, das Kepler'sche Gesetz ist suspendirt.

Vergegenwärtigen wir uns den Sachverhalt an einem eclatanten Beispiele. Donders führt einen Fall von Bowman an, in welchem ein 25jähriger Hypermetrop mit einem Convexglase von $1^7/_8$ Zoll B. W. in die Ferne sah. Ich will nebenbei bemerken, dass Donders hierbei die Hypermetropie $= \frac{1}{1{\cdot}7}$ setzt und dass dies unmöglich ist. Da $1^7/_8 = 1{\cdot}875$, so müsste, falls wir schon den Fernpunkt fälschlich von der Hornhaut aus berechnen, und falls wir schon statt des englischen Maasses, in dem der Werth des Glases wahrscheinlich angegeben ist, Pariser Maass nehmen, das Centrum des verwendeten Glases $0{\cdot}175'' = 2{\cdot}1'''$ von der Hornhaut abstehen. Das ist aber bei einem Glase, das factisch zum Fernsehen getragen wird, überhaupt unmöglich, und schon ganz unmöglich bei einem so dicken Glase, wie es ein Biconvexglas von $1^7/_8''$ B. W. ist. Wird die Hypermetropie in Donders'scher Weise vom Knotenpunkte aus gerechnet, so muss zwischen dem optischen Centrum des Glases und jenem des Auges allermindestens ein Abstand von einem halben Zoll und daher die Hypermetropie mindestens mit $\frac{1}{1^3/_8} = \frac{1}{1{\cdot}375}$ angenommen werden.

Doch zur Sache! Dieser Hypermetrop las mit dem sehkräftigen (unbewaffneten) rechten Auge Jaeger Nr. 1 auf „ungefähr $^3/_4$ Zoll Entfernung". Ein Jahr später, heisst es, hatte er es dazu gebracht, das rechte Auge beim Lesen ohne Glas zu verwenden, wenn er den Druck sehr nahe hielt. „Er konnte so mit ziemlicher Bequemlichkeit lesen."

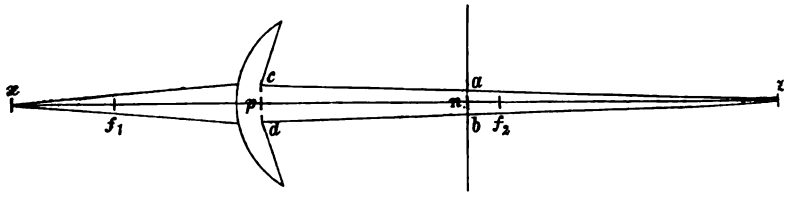
Wie mag nun ein solches Netzhautbild aussehen, das aus der Entfernung von neun Linien in einem Auge, dessen Fernpunkt sechszehn ein halb Linien **hinter** dem Knotenpunkte liegt, von Jaeger Nr. Eins entworfen wird?! Legen wir das Listing-Helmholtz'sche schematische Auge zu Grunde, so ändert es für H $\frac{1}{1^3/_8}$ seine Länge aus $22{\cdot}231$ M^m. in $17{\cdot}061$ M^m. Wir nehmen an, das Auge accommodire beim Sehen in die Nähe und zwar so stark, als das schematische Auge accommodiren kann. Es entspricht dies einer Accommodationsbreite $^1/_5$ und es ist das eine anständige Leistung, wenn ein 20jähriges Auge bei

solcher Accommodationsanstrengung „mit ziemlicher Bequemlichkeit" liest. Für das accommodirte schematische Auge ist

$$\varphi_1 = 13{\cdot}274 \text{ und } \varphi_2 = 17{\cdot}756$$
$$\varphi_1 \varphi_2 = 235{\cdot}693$$

Das Object, resp. der Objectpunkt x liegt in unserem Falle (Fig. 58) 9 P. L. = 20·31 vor der Hornhaut und da der erste Brennpunkt f_1

Fig. 58.



des accommodirten Auges 11·241 M$^{m.}$ vor derselben gelegen ist, so ist

$$l_1 = 20{\cdot}31 - 11{\cdot}241 = 9{\cdot}069$$

$$\text{daher } l_2 = \frac{\varphi_1 \varphi_2}{l_1} = 25{\cdot}989 \text{ M}^{m.}$$

Die Strahlen vereinigen sich in einem Punkte z, der 25·989 M$^{m.}$ hinter dem zweiten Brennpunkte f_2 des accommodirten Auges und (da dieser 20·248 M$^{m.}$, die Netzhaut aber nur 17·061 M$^{m.}$ hinter der Hornhaut gelegen ist) 29·176 Millimeter hinter der Netzhaut n liegt.

Wie gross ist unter solchen Umständen der Durchmesser der Zerstreuungskreise auf den mittleren Netzhautpartien? Als maassgebend für die Basis des im Glaskörper verlaufenden Strahlenkegels wird das Linsenbild der Pupille angenommen, d. h. das durch die Linse etwas vergrösserte und etwas nach hinten gerückte Pupillenbild. Für das in Rede stehende Auge ist bei Donders eine Zeichnung der Pupille bei wechselndem Lichte beigegeben. Die verengerte Pupille (resp. das Hornhautbild derselben) zeigt eine quer elliptische Form, einen horizontalen Durchmesser cd von mehr als 2·5, einen verticalen von 2 Millimeter. Die vordere Kammer des Auges war sehr eng, wir wollen den Abstand des Pupillenlinsenbildes vom vorderen Hornhautpol nur mit 2·061 M$^{m.}$ annehmen, woraus ein Abstand $pn = 15$ Millimeter für die Basis des Strahlenkegels von der Netzhaut sich ergibt. Wegen der Enge der Vorderkammer ist das Hornhautbild der Pupille relativ wenig vergrössert, wir können daher auch dem Linsenbilde einen horizontalen Diameter von 2·5 M$^{m.}$ geben. Da die Basis cd des Strahlenkegels von seiner Spitze z in unserem Falle $15 + 29{\cdot}176 = 44{\cdot}176$ M$^{m.}$ absteht, also

= 44·176 $M^{m.}$, so ergibt sich für den horizontalen Durchmesser *ab* s Zerstreuungskreises auf der Netzhaut die Proportion:

$$2{\cdot}5 : ab = 44{\cdot}176 : 29{\cdot}176$$

daher $ab = 1{\cdot}65\ M^{m.}$

Der verticale Durchmesser dieses Kreises beträgt, wenn wir den ticalen Diameter des Linsenbildes der Pupille = 2 $M^{m.}$ setzen, 2 $M^{m.}$

Die Buchstaben der Schrift Nr. 1 Jaeger haben eine Höhe von bis 1 Millimeter, die Breite der die einzelnen Buchstaben constituiden Striche beträgt etwa $^1/_5$ Millimeter und der Abstand dieser iche von einander, sowie der einzelnen Buchstaben von einander rsteigt nicht die Grösse von $^1/_2$ $M^{m.}$ In dem in Rede stehenden ge, welches Nr. 1 Jaeger auf $^3/_4$ Zoll liest, wird auf der Netzhaut ein l entworfen, in welchem die Zerstreuungskreise **jedes einzelnen ktes des Bildes** einen Durchmesser haben, der bis um das Dreifache grössten Durchmesser des **Objectes** (und noch mehr den Durchsser des trotz der grossen Nähe des Objectes noch immer kleinern les) übertrifft. Die Höhe der Buchstaben ist für das Erkennen selben natürlich gleichgiltig. Es handelt sich nur um die Dicke der zelnen Striche und deren Abstand von einander.

Mag das Auge in Wirklichkeit auch eine etwas längere Axe gehabt und mag es etwas stärker, als angenommen, accommodirt haben, gen in Folge dessen die Durchmesser der Zerstreuungskreise um ige Hundertel Millimeter kleiner sein: so viel ist klar, dass von dem standekommen keines anderen Bildes auf der Netzhaut die Rede sein n, als eines solchen, das eine gleichmässige Schmiere vorstellt, in der ht im Allerentferntesten die Form eines Buchstaben enträthselt wird.

Es bedarf aber durchaus keiner so hochgradigen Hypermetropie, zu zeigen, dass das Erkennen feinster Schrift von Seite solcher gen, wie es häufig vorkommt, den physikalischen Gesetzen Hohn icht. Relativ die günstigsten Verhältnisse setzen sich allerings die Individuen, indem sie die Objecte stark annähern und die spalte verengern, wohl auch indem sie stark accommodiren — aber zdem bekommt das Bild keine physikalische Erkennbarkeit. Wenn Donders glaubt, dass wir, um die Fähigkeit hochgradiger Hyperropen im Erkennen feiner Objecte zu erklären, nicht zu der Anme der „etwas mysteriösen Fähigkeit", Zerstreuungskreise undrücken oder verarbeiten zu können, Zuflucht nehmen müssen, muss ich gestehen, dass ich mich von der mysteriösen Vorstellung t los zu machen vermag. Ich bin aber durchaus nicht in der Lage,

etwas zur Aufklärung des Mysteriums beizutragen, jenes wunderbaren Processes, durch welchen im Gehirne aus solchen Netzhautbildern die wahre Form des Objectes abstrahirt wird! Doch so viel ist gewiss, dass von Geburt oder früher Kindheit an dieses Unterdrücken der Zerstreuungskreise gelernt werden muss, und dass dann auch, wie wir sahen[1]), Menschen mit angeborenem Linsenmangel, also mit sehr hochgradiger Hypermetropie und ohne Accommodationsvermögen, Meister in dieser Kunst werden können. Augen, die erst in späteren Jahren hohe Uebersichtigkeit erwarben, erlernen, wenn nicht besondere Verhältnisse obwalten, die in Rede stehende Fähigkeit nicht. Wir begreifen jetzt, dass in dem früher[2]) angeführten Falle von hochgradiger Hypermetropie durch Hornhautabflachung ($H^1/_3$) bei intactem Accommodationsapparat nur in grosser Nähe und andererseits nur grosse Schrift erkannt wurde. Es ist auch begreiflich, dass die ganze Hypermetropie manifest war, da ja doch für das Sehen das gesunde emmetropische Auge verwendet wurde, dessen Accommodationsapparat (und mit diesem jener des hypermetropischen Auges) beim Blick in die Ferne entspannt war.

Wiewohl in dem zweiten[3]) der angeführten Fälle von Hornhautabflachung die erworbene Hypermetropie $^1/_4$, also nur um $^1/_{21}$ weniger betrug, war manifeste Hypermetropie nur $^1/_{16}$ und das Auge las feine Schrift. Es war nämlich das einzige, dass das Individuum besass. Es hatte gelernt, für Nähe und Ferne möglichst stark zu accommodiren und von Zerstreuungskreisen in ausserordentlicher Weise zu abstrahiren.

Es war das einzige Auge! Wir kommen da zu einem Punkte, der noch Erörterungen erfordert. Wir sprachen bisher nur von hochgradiger nichtfacultativer Hypermetropie, ohne einen Unterschied zwischen absoluter und hochgradig relativer (Donders) zu machen. In der That, so lange binocularer Sehact besteht, besteht zwischen beiden Arten von *H* keine principielle Differenz. Das Augenpaar kann für den Convergenzpunkt nicht accommodiren. Von den im Convergenzpunkte gelegenen Objecten kann kein deutliches Bild auf der Netzhaut entstehen. Nimmt aber Ein Auge aus was immer für einem Grunde am Sehacte nicht Antheil, dann gibt das allein thätige eine verschiedene Leistung, je nachdem *H* absolut oder relativ ist. Im ersteren Falle gelingt es, auch wenn das Auge die stärksten Accommodations- und Convergenzbestrebungen macht, dennoch nicht selbst von einem unendlich entfernten Objecte ein deutliches Bild zu entwerfen, in letzterem Falle hingegen wird ein jenseits des Convergenz-

[1]) S. pag. 251. — [2]) pag. 220. — [3]) pag. 221.

punktes gelegener Punkt in unendlicher oder bestimmter endlicher Entfernung deutlich gesehen. Wenn beide (relativ hypermetropischen) Augen am Sehacte theilnehmen, dann kann durch das Manöver, für einen näheren Punkt zu convergiren, allerdings auch das Bild auf jeder Netzhaut — wir wollen die Sache vorläufig so darstellen — deutlich werden, aber das Object wird in gleichnamigen Doppelbildern gesehen. Ein Sehact, der mit Doppelbildern einhergeht, wird aber im Dienste des deutlichen Sehens niemals eingeleitet. Wenn hingegen nur Ein Auge am Sehact theilnimmt oder wenn durch die Erhöhung der Convergenz Ein Auge vom Sehact ausgeschlossen werden kann, dann kann sich sowohl das absolut als das relativ hypermetropische Auge diesen Umstand zu Nutzen machen, jedoch mit dem Unterschiede, dass nunmehr das relativ hypermetropische Auge in einem gewissen Bereich frei von Zerstreuungskreisen sehen wird.

Der nichtfacultative (relative) Hypermetrop niederen Grades wird, da er für jede Convergenz gehörig zu accommodiren lernt, im Stande sein, durch die verhältnissmässig kleinen Zerstreuungskreise das Object im Convergenzpunkte, wenn es nicht allzu fein ist, zu erkennen. Er wird daher noch bei entsprechender Sehschärfe auf Entfernungen von 8—12″ etwa Nr. 3 Jaeger, mit Mühe vielleicht noch Nr. 2 lesen. Er unterscheidet sich wesentlich dadurch von dem Hypermetropen der ersten Kategorie, dass er das Schwergewicht auf die möglich stärkste Accommodation legt, weil er mit ihrer Hilfe noch so deutliche Bilder zu erlangen vermag, dass er die Objecte seiner Beschäftigung zu erkennen im Stande ist, während der nichtfacultative Hypermetrope hohen Grades, dem die stärkste Accommodation zu wenig nützt, sich lieber in einer anderen, eben früher erörterten Weise hilft. Der relative Hypermetrop, von dem wir jetzt handeln, wird auch, wenn er angewiesen wird, Schrift Nr. 1 zu lesen, dieselbe nahe heran halten und es wird ihm nun auch häufig gelingen, auf den Abstand von 5 oder 4″ die Schrift zu entziffern, was er in grösserem Abstande nicht vermochte. Es wäre aber nicht richtig, diese Art des Sehens mit jener zu parallelisiren, welche hochgradige Hypermetropen darbieten. Indem der relative Hypermetrope niederen Grades stärker convergirt, accommodirt er auch, wenngleich nur etwas stärker und die Pupille wird enger. Die absolute Grösse der Zerstreuungskreise bleibt ungefähr gleich oder nimmt wenigstens nicht wie sonst zu, wenn das Object aus 8″ Abstand bis auf 5 oder 4″ heranrückt. Da aber die absolute Grösse des Netzhautbildes mit der Annäherung des Objectes zunimmt, so wird begreiflicherweise in grösserer Nähe feinere Schrift er-

kannt. Wenn vollends nur Ein Auge am Sehacte theilnimmt, oder das Eine durch übergrosse Convergenz vom Sehacte ausgeschlossen wird, dann wird das allein wirksame durch Accommodation in der Verkleinerung der Zerstreuungskreise relativ zur wachsenden Grösse des Bildes Besonderes leisten können, aber wegen der äussersten Anstrengung sehr rasch ermüden.

Der facultative Hypermetrop endlich wird — es liegt ja dies im Begriffe der Bezeichnung — ohne Glas deutlich in die Ferne sehen und falls seine Hypermetropie auch für nahe Objectsabstände facultativ ist, auch deutlich in die Nähe. Jedoch kann gleich erwähnt werden, dass viele Hypermetropen, die für die Entfernung facultative Hypermetropie zeigen, für die Nähe relative Hypermetropen sind, d. h. dass sie in die Ferne mit und ohne Glas gleich gut sehen, in der Nähe aber durch Convexgläser das Sehen verbessert wird, ein Beweis, dass von den Naheobjecten keine deutlichen Bilder ohne Glashilfe entworfen werden. Es hat z. B. ein Hypermetrop mit und ohne Convex 30 Sehschärfe $^{20}/_{30}$, in der Nähe liest er auf 10″ Nr. 2, aber nicht Nr. 1, was er doch vermöge seiner Sehschärfe, wenn die Bilder auf der Netzhaut deutlich wären, thun müsste. Schiebt man aber z. B. Convex 24 vor die Augen, dann wird in unverändertem Abstande Nr. 1 gelesen.

Jene Hypermetropen, deren Hypermetropie auch bei der Nahearbeit facultativ ist, die also bei genügender Sehschärfe feinste Schrift auf 12—14″ lesen, fallen, falls die Hypermetropie überhaupt einen nennenswerthen Werth hat, vor Allem dadurch auf, dass ihr Nahepunkt ungewöhnlich weit vom Auge abliegt. Die Augen, welche noch aus brauchbaren Nahedistanzen, also aus solchen von 14—10″ deutliche Bilder entwerfen können, refusiren zu lesen, sobald die Schrift auf grössere Nähe, auf 9, 8, 7″ herangerückt wird, indem nun die Netzhautbilder aus dem Grunde undeutlich werden, weil ja ein Theil der Accommodationsbreite zur Deckung der Hypermetropie verwendet werden musste, den Augen daher caeteris paribus für die endlichen Entfernungen eine relativ schwächere Linse zu Gebote steht, mithin der Nahepunkt weiter vom Auge abliegt.

Recapituliren wir, so ergibt sich: Facultative Hypermetropen sehen mit deutlichen Bildern in die Ferne, nichtfacultative zeigen beim Fernsehen eine Herabsetzung des Sehvermögens. Hypermetropen, deren Gebrechen auch beim Nahesehen facultativ ist, sehen deutlich bei der Nahearbeit, müssen dieselben aber weiter abrücken oder können sie nicht so stark annähern, wie Emmetropen des entsprechenden Alters.

htfacultative Hypermetropen niederen Grades sehen mit ihren un-
tlichen Bildern in der Nähe noch mehr oder weniger feine Objecte,
ei der Abstand, in welchem die Gegenstände am deutlichsten er-
nt werden, je nach der Feinheit derselben schwankt. Nichtfacul-
ive Hypermetropen des hohen und höchsten Grades endlich nähern
Objecte sehr stark dem Auge, geberden sich auch bei dem Be-
chten gröberer Objecte wie hochgradige Myopen und können
erhaupt feinere Objecte nicht unterscheiden, wodurch sie neben Myopie
:h noch Amblyopie vortäuschen, oder sie erkennen dabei die feinsten
genstände, so dass sie sich einfach wie hochgradige Myopen verhalten.
riefern die Hypermetropie Ursache der Asthenopie wird, das wird in
r nächsten Vorlesung des Breiteren erörtert werden.

Die Hypermetropen hätten wir, soweit wir ihr Sehen an dieser
elle besprechen wollten, hiermit abgethan, und wenden uns nun den
open zu. Die Erscheinungen des Fern- und Nahesehens sind auch
r, je nach dem Grade der Anomalie sehr verschieden. Natürlich
rechen wir auch hier nur von den Erscheinungen, die einfach aus der
lerhaften Lage des Fernpunktes sich ergeben und lassen dem Myopen
räufig normale Sehschärfe und normales Accommodationsvermögen.
; die Myopie gering, beträgt sie $^1/_{60}$—$^1/_{40}$, selbst $^1/_{30}$, dann wissen
: Individuen häufig gar nicht, dass sie myopisch sind. Da ihr Fern-
nkt in 30 bis 40—60″ gelegen ist, also bis zu dieser Entfernung
utlich gesehen wird, so kann begreiflich bei Nahearbeiten keine Be-
werde entstehen. Ferne Objecte werden allerdings, da ihre Bilder
r der Netzhaut sich formiren, in Zerstreuungskreisen gesehen, jedoch
i nicht abnorm weiter Pupille und guter Beleuchtung sind diese in
r Regel noch so wenig störend, dass, wie wir sahen[1]), noch Schrift
XX auf 20′ erkannt wird. Es gibt solche Myopen, die mit ihrer Kurz-
htigkeit durchs Leben wandern und glauben, dass sie ganz gut, so
: wie andere Leute sähen. Es sind mir Fälle vorgekommen, wo man
h wegen auftretender Presbyopie Rath erholte, d. h. wo wegen Ab-
hme der Accommodation und Hinausrückung des Nahepunkts, um
: 50. Jahr herum, nicht mehr hinlänglich deutlich in der Nähe ge-
ien wurde und wo durch die Correction der geringen Myopie, die sich
dieser Gelegenheit herausstellte, die Individuen überglücklich ge-
cht wurden. „Nun erst wüssten sie“, hiess es, „was deutlich sehen

---

[1]) S. pag. 152.

in die Ferne heisst" — an das deutliche Sehen in ihrer Jugend hatten sie wohl schon vergessen — „nun erst hätten sie einen wahren Genuss beim Besichtigen von Bildergallerien, im Theater, auf Landpartien u. s f." Dass manche Augen übrigens ausnahmsweise eine besondere Empfänglichkeit für Zerstreuungskreise haben und bei geringer Myopie ganz unverhältnissmässig schlecht in die Ferne sehen, davon haben wir früher [1]) ein Beispiel angeführt und fügen an dieser Stelle hinzu, dass es auch jugendliche Myopen so geringen Grades gibt, die überraschend schlecht in die Ferne sehen. Bei diesen lässt sich dann häufig eine ungewöhnlich weite Pupille constatiren.

Ist die Myopie etwas höher, wird sie $^1/_{20}$—$^1/_{18}$, dann wird sie bei der Nahearbeit noch immer nicht störend. Es gibt zwar Beschäftigungen, bei welchen wenigstens zeitweilig auf grössere Distanzen, auf 2—3′ gesehen werden muss, und bei diesen wird unter solchen Umständen eine gewisse Störung schon deutlich hervortreten, aber für die gewöhnlichen Beschäftigungen des Lesens und Schreibens und für die feineren Arbeiten besteht wie begreiflich noch ein vollkommen ausreichender Fernpunktsabstand. Beim Blick in die Entfernung jedoch kann ein bedeutender Ausfall an Sehschärfe nicht mehr ausbleiben, es wird auf 20′ nur noch etwa Schrift 70 erkannt. Solche Individuen wissen auch immer, dass sie kurzsichtig sind, trotzdem sie die Arbeitsobjecte noch so weit vom Auge entfernt halten können, wie Normalsichtige. Im Zimmer ist solchen Myopen der Fehler nicht wesentlich störend, auf der Strasse erkennen sie noch Personen auf einige Schritte Entfernung. Sie sind es, welche durch das Schliessen (*μύειν*) der Lidspalte, durch das Blinzeln besonderen Vortheil ernten, indem dadurch die noch relativ geringen Zerstreuungskreise erfolgreich verkleinert werden. Sie sehen auch bei Nacht, wo eben die Zerstreuungskreise erst durch die Erweiterung der Pupillen störendere Dimensionen annehmen, auffallend schlechter in die Entfernung. Rückt der Fernpunkt bei Myopie diesseits des für die Nahearbeiten von Normalsehenden eingehaltenen Abstandes, rückt er also auf 10, 9, 8″ heran, dann ist die Kurzsichtigkeit schon durch das Nahehalten des Arbeitsobjects auffallend. Solche Myopen sind auf der Strasse schon wesentlichen Unannehmlichkeiten ausgesetzt, kennzeichnet sich doch die Schlechtsichtigkeit in die Ferne dadurch, dass das grosse *A* (Snellen) auf 20′ eben noch oder nicht mehr erkannt wird!

---

[1]) S. pag. 263.

Dass sich die Erscheinungen, wenn die Myopie im hohen und höchsten Grade auftritt, steigern, ist selbstverständlich. Erreicht einmal die Myopie den Werth $^1/_6$ und darüber, dann sind die Myopen selbst im begrenzten Raume, im Zimmer, im hohen Grade unbehilflich. Es macht wirklich einen eigenthümlichen Eindruck, wenn die ins Zimmer eintretenden nächsten Angehörigen, falls sie nicht die Farbe der Kleidung kenntlich macht, von solchen Myopen mit halb verlegener, halb feierlicher Miene empfangen werden, bis sich in gehöriger Nähe die Persönlichkeit entpuppt. Auf der Strasse benehmen sich diese Kurzsichtigen verschieden, je nach der socialen Stellung, die sie einnehmen. Die Unabhängigen gehen erhobenen Hauptes; nicht rechts noch links blickend; Grüsse, auch wenn sie den Gruss bemerken, nicht beantwortend, weil sie nicht wissen, ob er ihnen gilt; kein Wunder, dass man sie für stolz hält. Diess gilt besonders von Damen, da es ja vorzüglich diese sind, die, wenigstens bei uns, noch keine Brillen tragen; ja der Stolz und Hochmuth, welcher ganzen Familien nachgetragen wird, beruht in gar manchen Fällen auf der mehr oder weniger hochgradigen Kurzsichtigkeit aller Familienmitglieder. Diese Myopen zwinken auch in der Regel nicht mit den Lidern — sie haben zu wenig Vortheil von der Verengerung der Lidspalte, die Zerstreuungskreise sind zu gross — und es liegt ihnen am Ende auch nichts daran, wenn sie Jemand nicht sehen, den sie sehen sollten. Das gerade Gegentheil dieser Myopen sind jene, die in einer untergeordneten Lebensstellung sich befinden. Mit Scheu und Befangenheit bewegen sie sich auf der Strasse; immer fürchtend, irgend einen Vorgesetzten zu übersehen, kneifen sie beständig die Lider zusammen, greifen beständig nach dem Hute, grüssen auch Unbekannte, wenden sich häufig um, zu sehen, ob ihnen nicht doch Jemand entgangen — natürlich mit allen diesen Manövern nichts erreichend, da sie eben doch Niemand zu erkennen im Stande sind.

Bei hochgradiger Myopie rücken die Objecte bei der Nahearbeit immer näher der Nase und bei den höchsten Graden sind sie von der Nasenspitze nicht mehr weit entfernt. Während beim Lesen auf den gewöhnlichen Abstand von 12—15″ leichte Bewegungen der Augen ausreichen, um die Zeilen zu durchmessen, bedürfte es hierzu, wenn das Buch nur noch wenige Zolle vom Auge absteht, sehr ausgedehnter Augenexcursionen. Diese werden jedoch häufig dadurch ersetzt, dass der Myop den Kopf nach rechts und links abwechselnd wendet oder dass das Buch nach links und rechts abwechselnd bewegt wird. Hochgradigen Myopen wird auch im Allgemeinen eine kleine Handschrift zugeschrieben. Man darf jedoch nicht glauben, dass dies wirklich für alle zu-

trifft. Dass es aber häufig vorkommt und dass solche Myopen s vor 2000 Jahren durch ihre kleine Handschrift sich auszeichneten, weist die Stelle im Aristoteles[1]), an welcher er fragt, was der G dieser Erscheinung sei: „*Διὰ τί οἱ μυωπες μικρὰ γράμματα γράφου* Es erscheint ihm nämlich auffallend, dass die, welche nicht s sehen, etwas thun, was Sache der Scharfsichtigen sein sollte (*ἔστ γὰρ τό μὴ ὀξὺ ὁρῶντας ποιεῖν ἔργον ὀξὺ ὁρόντων*). Die Ursache liegt d weil wenn ein Myop in der Entfernung von 4″ zu schreiben genö ist, die Schrift dreimal so klein sein kann, als wenn die Augen l Schreiben in dem Abstande von 12″ gehalten werden, ohne dass Unterschied in der Grösse des Netzhautbildes eintritt. Bei solch kle Handschrift befindet sich also der Myop unter denselben Verhältni als wenn ein emmetropisches oder schwach myopisches Auge aus g serem Abstande eine entsprechend grössere Schrift schreibt, un viel als der Emmetrop von dieser grösseren Schrift auf einmal ü sieht, eben so viel kann dann auch der Myop von seiner entsprec kleineren Schrift auf einmal überblicken. Dass hochgradige My wenn sie auf horizontaler Tischplatte lesen und schreiben, und eb beim Verrichten feiner Handarbeiten mit gekrümmtem Rücken stark übergeneigtem Kopfe dasitzen müssen, ist selbstverständlich.

Wenn wir vom Sehen des unbewaffneten Myopenauges spre so können wir nicht schliessen, ohne der Erscheinungen zu geden welche sich demselben beim Sehen in eine entfernte Lichtflamme bieten. Ich schliesse als Myop mit $M^1/_6$ ein Auge und stelle zunächst nahe zu einer Kerzenflamme, so dass diese mir vollkom scharf und deutlich erscheint. Indem ich mich nun allmälig von selben entferne, wird die Flamme bald undeutlich und es tritt die scheinung der Polyopia monophthalmica ein. Ich sehe eine grö Anzahl von Flammen, in der Art, als wäre ein Bündel Kerzen gezündet, so dass die Bases und die Spitzen der Flammen getr erscheinen, während ihre Mitten zusammenfliessen. Sowie ich abe 15′ von der Kerze zurückgetreten bin, fliessen alle Bilder der Fla wieder zu Einem zusammen. Ich sehe eine leuchtende Scheibe, in mir mannigfache Zeichnungen auffallen. Je weiter ich mich von Kerzenflamme entferne, um so grösser wird der Leuchtkreis. Beim engern der Lidspalte sehe ich die Schatten der Cilien des oberen L von oben her ins Sehfeld kommen, die Thränenflüssigkeit auf Vorderfläche der Cornea zieht in dunklen, hellumsäumten Blasen

[1]) *Προβλήματα Α* A 8 (und 15).

unten nach oben. Schliesse ich nun das bis jetzt zur Beobachtung verwendete Auge und öffne das andere, so erscheint mir wiederum ein heller Kreis an der Stelle der Flamme, jedoch sind die Zeichnungen in demselben von denen des früheren verschieden. Oeffne ich beide Augen, so verkleinert sich sofort das Sehfeld und ich glaube für den Moment wieder ein neues Schauspiel zu haben, bis ich die Combination dieses Lichtkreises aus den beiden früher einzeln wahrgenommenen erkenne.

Dieselben Phänomene bieten sich dar, wenn ich in eine entfernte Gasflamme sehe. Wegen des grösseren Durchmessers der Lichtquelle ist eine grössere Entfernung derselben erforderlich. Beim Betrachten einer etwa 200 Fuss entfernten Gasflamme ist die Beobachtung wegen der Helligkeit des Sehfeldes überhaupt am schönsten. Ebenso erscheinen mir die Sterne, die ich mit freiem Auge wahrnehmen kann, nicht als strahlige Figuren, sondern als runde Kreise und in den hellsten derselben prägen sich gleichfalls dieselben Zeichnungen, wie in den entfernten Gas- oder Kerzenflammen aus. Die Lichtkreise der Sterne, welche nicht 1. Grösse sind, sind zu lichtschwach, als dass in denselben die bewussten Zeichnungen wahrgenommen werden könnten und Sterne 3. oder 4. Grösse sieht ein höhergradig kurzsichtiges Auge überhaupt nicht mehr, weil, wenn das Bild auf der Netzhaut sich bildet, die quasi auf einen Punkt concentrirten Strahlen im Stande sind, ein Netzhautelement zu erregen, während, falls das Sternbild vor der Netzhaut zu Stande kommt, auf der Netzhaut selbst ein Zerstreuungskreis von solchem Durchmesser entstehen kann, dass die Beleuchtung jedes einzelnen Punktes dieses Zerstreuungskreises zu schwach ist, um den betreffenden Zapfen der Retina zur Empfindung des Leuchtenden zu vermögen.

Die beschriebenen Erscheinungen ergeben sich aus Folgendem. In Folge von Unregelmässigkeiten des dioptrischen Systems des Auges, vor Allem in Folge der von Donders gekennzeichneten Unvollkommenheiten der menschlichen Linse, deren einzelne Sectoren das Licht verschieden brechen, werden von den Objecten eigentlich vielfache Bilder erzeugt, die aber bei der richtigsten Stellung der Netzhaut, also bei genauer Einstellung des Auges für das Object, insoweit genau mit einander verschmelzen, dass das Auge unter solchen Verhältnissen Nichts von der eigentlichen Zusammensetzung des Bildes wahrnimmt. Blickt aber ein Myop mit $M^1/_6$ in eine entfernte Lichtflamme, dann wird von dieser das möglichst deutliche, d. h. das aus den Einzelbildern componirte Gesammtbild mehr als 2 Millimeter vor der Netzhaut ent-

worfen. Rückt man die Lichtflamme näher, so wird auch das Gesammtbild der Netzhaut näher rücken, und stehe z. B. bei einem gewissen Objectsabstande $^1/_2$ oder $^3/_4$ Millimeter vor der Retina. Die den einzelnen Bildern angehörigen Strahlen überkreuzen sich nach ihrer Vereinigung und nun kommen auf dem dahinter stehenden Schirme, der Netzhaut, wenn dieselbe gerade im richtigen Abstande, nicht zu nahe und nicht zu weit entfernt, sich befindet, eben so viel mehr oder weniger gesonderte Bilder zum Vorschein, als in die Zusammensetzung des Gesammtbildes eingehen. Es ist klar, dass die Netzhaut nicht zu nahe hinter dem Gesammtbilde liegen darf, damit eine möglichst vollständige Trennung der Bilder stattfinde. Es darf aber auch das Gesammtbild nicht zu weit von der Netzhaut abstehen. Sowie das Object von dem besagten myopischen Auge und damit das Gesammtbild von der Netzhaut zurückweicht, werden die Sectorenbilder immer grösser und fliessen endlich wieder in Einen Zerstreuungskreis zusammen. Ist das Gesammtbild hinlänglich klein, so bildet es jetzt den Ausgangspunkt für nahezu homocentrisches Licht. Das Zerstreuungsbild auf der Netzhaut ist unter solchen Umständen, wie bekannt, in Form und Grösse von Form und Grösse der Pupille abhängig und in ihm erscheint das entoptische Spectrum des Auges. Wegen der Lage des Lichtcentrums im Innern des Auges erscheinen aber die Schatten im entoptischen Bilde in anderer Weise, als bei den gewöhnlichen Methoden der entoptischen Untersuchung, bei welchen der Leuchtpunkt vor dem Auge angebracht wird. Während in letzterem Falle alle Schatten die entgegengesetzte Lage und Bewegung als die ihnen entsprechenden Objecte aufweisen, zeigen, wie leicht begreiflich, wenn das Lichtcentrum im Innern des Auges gelegen ist, die Schatten aller Objecte, welche vor der Kreuzungsstelle der Strahlen liegen, dieselbe Lage und Bewegung wie die Schattenspender und nur die hinter der Kreuzungsstelle im Glaskörper gelegenen dunklen Objecte werfen einen Schatten mit entgegengesetzter Lage und Bewegung.

Wenn ich also von einer Kerzenflamme mich entferne, geht das Bild derselben nach Zerfall in vielfache Bilder in einen vom Schatten der Iris begrenzten Zerstreuungskreis über, in welchem die entoptischen Erscheinungen sichtbar werden. Ich sehe, dass in dieses Bild die Schatten der Cilien des oberen Lides von oben hineinragen und sich so wie die Cilien bewegen. Die auf der Hornhaut aufsteigende Thränenflüssigkeit zeigt gleichfalls ihre natürliche Richtung. Schliesse ich Ein Auge, so erweitert sich die Pupille des andern und damit der Zerstreuungskreis. Sind beide Augen geöffnet, so sind die entoptischen

Gegenstände beider Augen in dasselbe Sehfeld eingetragen und man kann ihre relative Lage beurtheilen.

Es ist merkwürdig, dass einem so feinen Beobachter, wie Franz M. Dechales, der gerade vor 200 Jahren (1674) die entoptischen Wahrnehmungen seines myopischen Auges (unter der Ueberschrift: Myopes objecta lucida a longe posita vident majora, rotunda, maculis infecta) beschrieb und richtig erklärte[1]), das Zwischenstadium der einäugigen Polyopie bei dem Flammenversuche entgangen ist. Dagegen beschreibt er jene viel auffälligere einäugige Polyopie, welche der Myop dadurch erzeugt, dass er, um ein entferntes Object möglichst deutlich zu sehen, die Augenlidspalte verengert, wodurch die Cilien des oberen Lides in das Bereich der Spalte hineinragen und diese in mehrfache Abtheilungen trennen. Es ist dann so, als ob der Myope, den Scheiner'schen Versuch anstellend, durch mehrere Löcher in einem Kartenblatte nach einem entfernten Objecte hinblickte oder wie Dechales, dem Sachverhalte vollkommen entsprechend, sagt[2]): „quasi per multa foramina secundum lineam horizontalem disposita respiceremus." Wenn ich in eine Kerzenflamme aus solcher Entfernung blicke, dass sie als Kerzenbündel oder schon als leuchtender Kreis erscheint und ich kneife hierauf die Lider zusammen, so zerfällt das Lichtbild sofort in eine grössere Anzahl neben (und scheinbar auch hinter) einander stehender, mehr oder weniger vollkommen getrennter Flammen, von denen die in der Mitte stehenden die lichtstärksten sind. Die von dem Einflusse der Cilien unabhängige einäugige Polyopie, welche beim Myopen beim Blick in eine Lichtflamme, die eine bestimmte Strecke jenseits des Fernpunkts steht, auftritt, sowie das allmälige Zerfliessen dieser Bilder „in einen runden Lichtfleck, dessen Inneres mit verschiedenen hellen und dunkeln Tüpfeln und Linien bedeckt ist", beschreibt Purkinje[3]) 1825.

Auch hochgradige Hypermetropen mit ungenügender oder mangelnder Accommodation, vor Allem also Aphakische, sehen einen kleinen Lichtpunkt als Zerstreuungskreis mit dem entoptischen Felde, jedoch mit dem wesentlichen Unterschiede, dass alle Schatten die entgegengesetzte Lage, wie die Objecte haben.

---

[1]) Cursus seu Mundus mathematicus, Lugduni 1674, Tom. II, pag. 368 (Optices Liber I, Prop. XXV). Dieses Citat ist richtig!

[2]) Ibidem, Prop. XXIII Schluss.

[3]) Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. 2. Bändchen. Berlin. pag. 138.

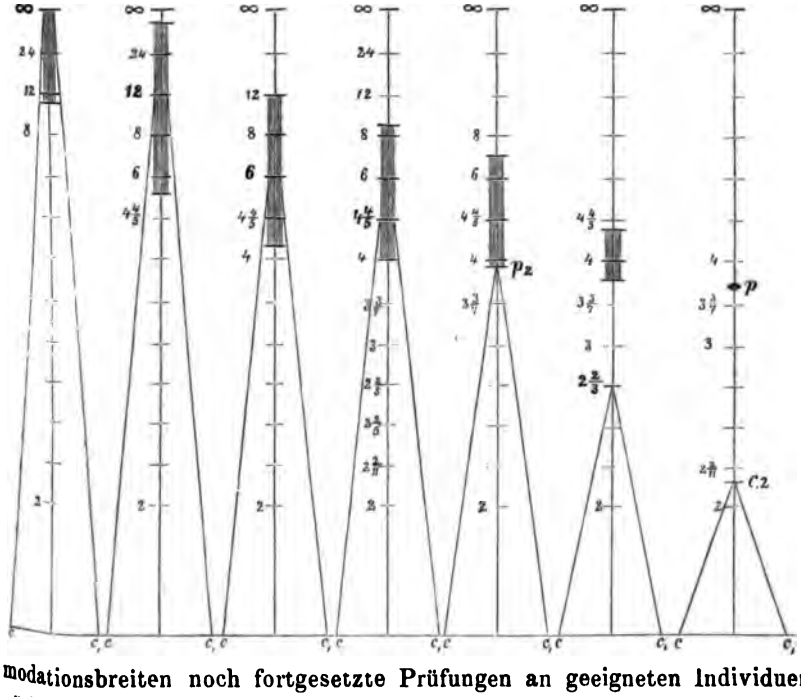
Alle die Beschwerden, welche das hypermetropische und myopische Auge in Folge der fehlerhaften Lage des Fernpunkts treffen müssen, soweit sie bisher beschrieben wurden und noch in den nächsten Vorlesungen werden besprochen werden, müssen offenbar schwinden, sobald durch ein Convex-, beziehungsweise ein Concavglas gleichsam das *Minus* oder Plus der Brechkraft corrigirt werden kann. Wie man bei der Correction vorzugehen hat, wird rechtzeitig besprochen werden. Hier muss zunächst noch Einiges über die relativen Accommodationsbreiten der emmetropischen und ametropischen Augen seinen Platz finden. Im Allgemeinen wurde über das Wesen der relativen Accommodationsbreiten in der fünften Vorlesung [1]) gehandelt und speciell in Betreff des hypermetropischen Auges in der vorletzten Vorlesung eine Bemerkung [2]) eingestreut.

Die relativen Accommodationsbreiten des emmetropischen Auges gestalten sich so, dass zunächst, wenn die Blicklinien parallel gestellt sind (der Winkel, den die Blicklinien mit einander bilden, also Null ist) die relative Accommodationsbreite nur aus einem positiven Theile besteht, keinen negativen Bestandtheil haben kann.[3]) Sobald die Blicklinien nach einem endlich entfernten Punkte gerichtet werden, entwickelt sich auch ein negativer Theil, indem nunmehr Convexgläser gewisser Brennweite das deutliche Sehen im Convergenzpunkte nicht unmöglich machen. Mit beginnender Convergenz steigt der Gesammtwerth von $\frac{1}{A_1}$, der positive Theil hat dabei das Uebergewicht über den negativen. Mit weiter zunehmender Convergenz bleibt anfangs der Totalwerth von $\frac{1}{A_1}$ gleich oder nimmt noch etwas zu, aber der negative Antheil wächst auf Kosten des positiven. Nähert sich der Convergenzpunkt dem binoculären Nahepunkte, dann nimmt $\frac{1}{A_1}$ ab und zwar vorzüglich dadurch, dass $\frac{1}{a_1}$ (der positive Theil) abnimmt und bei einer bestimmten Convergenz kleiner als $\frac{1}{a_2}$ (der negative Theil) wird. Im binoculären Nahepunkte p_2 [4]) endlich ist $\frac{1}{a_1}$ Null geworden. Die Augen, die nach dem binoculären Nahepunkte convergiren, können keine Concavlinsen mehr überwinden, der positive Theil der relativen Accommo-

[1]) pag. 82. — [2]) pag. 268. — [3]) pag. 268. — [4]) S. pag. 78.

ationsbreite, welcher mit parallelen Gesichtslinien, beim Blick nach lem Fernpunkte, allein $\frac{1}{A_1}$ constituirte, ist verschwunden, jedoch zur Relaxation des Accommodationsapparates sind die Augen noch wesentlich geneigt, daher im binoculären Nahepunkte noch beträchtliche negative Accommodationsbreite besteht. Steigt die Convergenz noch weiter, so wird nicht mehr für den Convergenz-, sondern für einen entfernteren Punkt accommodirt [1]), ein Theil von negativer relativer Accommodationsbreite besteht auch jetzt noch, bis endlich im absoluten Nahepunkte auch dieser Rest geschwunden und damit $\frac{1}{A_1}$ Null geworden ist. Indem wir in den eben gemachten Angaben Donders folgen, wollen wir erwähnen, dass für genaue Ermittlung der relativen Accom-

Fig. 59



modationsbreiten noch fortgesetzte Prüfungen an geeigneten Individuen nöthig sind. Einige Werthe, welche Donders bei einem 15jährigen Emmetropen, dessen Grundlinie 28·5″ betrug, fand, sind aus der vorliegenden Figur (Fig. 59) ersichtlich. Dieselbe bedarf nach dem so

[1]) S. pag. 77, 79.

eben und dem zu einer früheren Zeit Gesagten [1]) keiner weiteren [redacted] örterung. Der Convergenzpunkt ist dunkler markirt. Das Maximum [redacted] Convergenz liegt bei circa 2" (c. 2). Nur möge mir Hirschberg v[redacted] zeihen, dass ich mich schon wieder „von den Principien der anal[redacted]tischen Geometrie emancipirt" habe [2]).

Es ist leicht einzusehen, dass beim Myopen andere Verhältnisse zwischen Convergenz und Accommodation bestehen müssen als beim Emmetropen. Besitzen die beiden Augen z. B. $M^1/_{12}$, so beginnt das deutliche Sehen überhaupt erst in einem Abstande von 12". Wenn also im Fernpunkte binocular gesehen werden soll, so müssen die Augen aus der Parallelstellung bis zu einer Convergenz von 12" geführt werden können, ohne dass mit der hierzu nothwendigen Contraction der Recti interni sich eine Contraction des Accommodationsmuskels verbindet. Wäre mit der Contraction der Interni eine Contraction des Brücke'schen Muskels unzertrennlich verbunden, dann könnten myopische Augen natürlich niemals im binocularen Sehacte deutlich sehen. Bei einer Convergenz für den Fernpunktsabstand von 12" z. B. hätten sich dann die Augen irgend eine Linse zugelegt, wären daher für einen näheren Punkt eingestellt und dieses Verhältniss müsste sich auch beim Ansteigen der Convergenz, falls dieser Ueberschuss von Accommodation bei allen stärkeren Convergenzstellungen bestehen bliebe, gleichbleiben. Myopische Augen müssten sich dann immer so verhalten, wie die Augen in dem von Liebreich beobachteten Falle von Accommodationskrampf [3]), sie könnten im Gespann in allen Abständen, in welchen mit Einem Auge allein deutlich gesehen werden kann, nur mit Hilfe von Concavgläsern deutlich sehen, ausser es würden so starke Convergenzen eingeleitet, dass die Steigerung der Convergenz keinen Einfluss mehr auf die Steigerung der Accommodation hätte. Dann müsste natürlich endlich ein Nahepunkt sich ergeben, in welchem binocular deutlich gesehen wird. Da aber bei Augen mit Myopie höheren Grades die Convergenz früher ihre Grenze finden könnte als die Grösse der Accommodation, d. h. die Augen noch stärker accommodiren könnten, wenn sie nur stärker zu convergiren im Stande wären, so erhellt, dass es dann myopische Augen gäbe, für welche überhaupt ein deutlicher binocularer Sehact unmöglich wäre.

---

[1]) S. Figur 30 und pag. 81, 84.

[2]) Siehe Hirschberg klinische Beobachtungen etc. Wien 1874, pag. 112.

[3]) S. pag. 278.

Da nun aber myopische Augen thatsächlich binocular sehen können, so müssen sie sich anders verhalten. Sie verhalten sich in zweifacher Weise. Es kann nämlich erstens der binoculäre Fernpunkt mit dem monoculären zusammenfallen. Es ergibt sich z. B. bei Fernbestimmung der Myopie Concav 12 corrigirend, und ohne Glas hat jedes Auge für sich, so wie im Verein mit den andern den Fernpunkt in $12^1/_2$" vor K. In diesem Falle wird beim Uebergang aus der parallelen Gesichtslinienstellung in die Convergenz für 12" gar nicht accommodirt. Es kann aber auch zweitens geschehen, dass der binoculäre Fernpunkt mit dem monoculären nicht zusammenfällt. Jedes der Augen hätte $M^1/_6$. Jedes Auge für sich sieht die Schrift Nr. 1 Jaeger auf 6"; sowie aber beide Augen geöffnet werden, so muss die Schrift, um eben so deutlich wie früher zu erscheinen, etwas, etwa um 3"' angenähert werden, so dass der binoculäre Fernpunkt in $5^3/_4$" gelegen ist. Dieses scheinbar so einfache Verhalten ist ein sehr eigenthümliches. Es kann nur so erklärt werden, dass bei der Convergenz für 6" etwas accommodirt werden muss, die Augen sich eine Linse circa $^1/_{100}$ zulegen müssen, dass aber die Convergenz nun von 6" auf $5^3/_4$" gesteigert werden kann, ohne dass hierbei stärker accommodirt wird. Würde eine proportionale Zunahme der Accommodation stattfinden, so könnte ja, wie schon erwähnt, nie binocular deutlich gesehen werden.

Im binoculären Fernpunkte haben die myopischen Augen ebenso wenig eine negative Accommodationsbreite als die emmetropischen in dem ihrigen. Sowie aber die myopischen Augen stärkere Convergenzen einschlagen, so entwickelt sich für dieselben (analog wie für emmetropische Augen bei entsprechend schwächerer Convergenz) ein negativer Theil relativer Accommodationsbreite, welcher immer grösser wird, bis die Augen im binoculären Nahepunkte keine weitere Accommodation für den Convergenzpunkt zur Verfügung haben, $\frac{1}{a_1} = 0$ und $\frac{1}{A_1} = \frac{1}{a_2}$ geworden ist. Noch stärkere Convergenzen haben denselben Effect wie beim Emmetropen. Der Nahepunkt rückt noch heran, bleibt aber jenseits des Convergenzpunkts, bis endlich bei hinlänglicher Convergenz die ganze absolute Accommodationsbreite erschöpft und der absolute Nahepunkt erreicht ist.

Während also für emmetropische Augen, sowie sie zu convergiren beginnen, ein negativer Theil von $\frac{1}{A_1}$ sich entwickelt und bei einer Convergenz für 12" bereits $\gtreqless {}^1/_{24}$ ist, können Augen mit Myopie $^1/_{12}$ aus

der Parallelstellung zu der genannten Convergenz übergehen, ohne zu accommodiren, so dass also in dieser Stellung $\frac{1}{a_2}$ noch Null ist. Bei einer Convergenz für 6″ hat sich auch für myopische Augen eine negativ relative Accommodationsbreite, ungefähr in gleicher Grösse, wie bei den für zwölf Zoll convergirenden Emmetropen entwickelt und sie nimmt nun zu, bis im binoculären Nahepunkt, der, wenn $\frac{1}{A_2} = {}^1/_4$, 3″ absteht, die ganze $\frac{1}{A_1}$ negativ geworden ist. Die Augen sind hierbei noch nicht an der Grenze der Convergenz angelangt. Indem sie noch stärker, bis auf $2^1/_2$ oder $2^1/_4$″ convergiren, wird der absolute Nahepunkt erreicht, der, wenn $\frac{1}{A} = {}^1/_{3^3/_4}$, in $2^6/_7$″ gelegen ist.

Wenn emmetropische Augen mit $\frac{1}{A_2} = {}^1/_4$ bei 4″ ihren binoculären Nahepunkt erreichen, so hat die fortgesetzte möglichste Steigerung der Convergenz, falls $\frac{1}{A} = {}^1/_{3^3/_4}$, nur ein Hereinrücken des Nahepunktes von 4 bis $3^3/_4$ Zoll, also nur eine Steigerung der Accommodation um ${}^1/_{3^3/_4} - {}^1/_4 = {}^1/_{60}$ zur Folge. Unsere myopischen Augen mit der gleichen $\frac{1}{A_2}$ und $\frac{1}{A}$ aber (deren p_2 in 3″ gelegen ist) gewinnen bei der Convergenz von 4″ an noch eine Linse ${}^1/_{2^6/_7} - {}^1/_4 = {}^1/_{10}$. Es ist demnach klar und muss auch so sein, dass myopische Augen bei schwachen Convergenzen weniger accommodiren als emmetropische, dass aber andererseits starke Convergenzen auf die Erhöhung des Brechzustandes myopischer Augen einen grösseren Einfluss haben, als dies bei emmetropischen Augen der Fall ist.

Bei hohen Graden von Myopie, wenn der Fernpunkt in 5″ oder noch näher gelegen ist, kann es, wie Donders angibt, vorkommen, dass die Augen ihren binoculären Nahepunkt desshalb nicht erreichen, weil sie für denselben nicht mehr zu convergiren vermögen. In Anbetracht aber, dass bei hohen Graden von Myopie $\frac{1}{A}$ in der Regel vermindert ist, in so grosser Nähe des Auges sehr geringe Abstände sehr grosse Accommodationswerthe repräsentiren und hochgradig myopische Augen mitunter sogar vortrefflich convergiren können, so dürfte ein solches

Zurückbleiben der Convergenz hinter der Accommodation nicht gar häufig vorkommen.

Wenn wir jetzt von den relativen Accommodationsbreiten des hypermetropischen Auges sprechen wollen, so kann damit nur das facultativ hypermetropische Auge gemeint sein, denn es ist selbstverständlich, dass der nichtfacultative Hypermetrop, der niemals in Convergenzpunkte deutlich sehen kann, sich immer so verhalten muss, wie der Emmetrop (oder Myop), der diesseits seines binoculären Nahepunkts zu sehen sich bestrebt. Die relative Accommodationsbreite kann immer nur negativ sein und auch diese wird bei grösstmöglicher Accommodationsbestrebung Null werden. Der facultative Hypermetrop verwendet beim Sehen in die Ferne bereits einen Theil seiner Accommodation, hat also bereits bei paralleler Gesichtslinienstellung eine negative relative Accommodationsbreite, über die wir früher bereits ausführlich sprachen. Indem er zu convergiren beginnt, muss er für jede Entfernung sich ausser jener Linse, welche sich die emmetropischen Augen zuzulegen hätten, noch eine solche zulegen, welche seine Hypermetropie corrigirt. Es bleibt ihm daher für jede Convergenz nur eine relativ geringe Linse zur Verfügung übrig, der positive Theil der relativen Accommodationsbreite ist relativ gering. Nehmen wir an, wir hätten einen Hypermetropen mit $H^1/_6$, dessen binoculäre Accommodationsbreite $= 1/_4$ und dessen absolute $= 1/_{3^1/_4}$ (wie in dem Falle von Emmetropie und von $M^1/_{12}$), dann muss beim Blick in die Ferne, wenn die Hypermetropie facultativ ist, der negative Theil der relativen Accommodationsbreite $= 1/_6$ sein. Es ist möglich, dass die Augen hierbei noch einen positiven Theil von $\frac{1}{A_1}$ haben, dass also noch durch schwache Concavgläser deutlich in die Ferne gesehen wird. Bei beginnender Convergenz besteht auch noch eine geringe positive Accommodationsbreite, die aber schon bei 12″ Abstand Null wird, indem für $\frac{1}{A_2} = 1/_8$ der binoculäre Nahepunkt unter solchen Umständen in 12′, liegt. Wenn die Augen für nähere Distanzen als für 12″ convergiren, so sind sie für diese Abstände relativ hypermetropisch, aber selbst die stärkste Convergenz vermag, wenn $\frac{1}{A} = 1/_{3^1/_4}$, den monoculären (absoluten) Nahepunkt nicht näher heran zu rücken als auf 10″, da $1/_6 + 1/_{10} = 1/_{3^1/_4}$. Während also der Emmetrop, dessen $\frac{1}{A} = 1/_{3^1/_4}$,

wenn er von 12″ ab stärker convergirt, durch Convergenz noch eine Accommodation $^1/_{3^3/_4} - ^1/_{12} = ^1/_{5^5/_{11}}$ aufzubringen vermag, während dem Myopen mit $M^1/_{12}$ und gleicher $\frac{1}{A}$ hierbei noch seine ganze Accommodationsbreite von $^1/_{3^3/_4}$ zur Verfügung steht, vermag der Hypermetrop mit $H^1/_6$ unter den gleichen Verhältnissen nur noch eine Linse $^1/_{60}$ zu gewinnen. Während also starke Convergenzen dem Myopen eine wesentlich stärkere Steigerung der Accommodation ermöglichen, als dem Emmetropen, hat der Hypermetrop hierbei einen wesentlich geringeren Vortheil, als der Emmetrop. Der Hypermetrop hat eben schon bei schwachen Convergenzen sehr stark accommodirt, für welche der Emmetrop nur wenig und der Myop gar nicht accommodirt.

Das verschiedene Verhalten der relativen Accommodationsbreiten beim Emmetropen und Ametropen zeigt, dass die Contraction des Accommodationsmuskels nicht eine Function der Contraction der Recti interni ist, und es ist einleuchtend, dass dieses verschiedene Verhalten sich nicht als einfache naturhistorische Thatsache, sondern als eine zwingende Nothwendigkeit darstellt, falls das binoculäre Sehen ermöglicht werden soll. Sowie der Myop, der für gleiche Convergenzen so stark wie der Emmetrop accommodiren würde, stets für einen zu nahen Punkt eingestellt wäre, so wäre der Hypermetrop, wenn er nicht stärker als der Emmetrop accommodirte, stets für einen zu entfernten Punkt eingerichtet, jede Hypermetropie wäre relativ, es könnte keine facultative Hypermetropie geben.

Corrigiren wir nun in den gesetzten Fällen die Ametropie; welchen Einfluss hat dieser Umstand auf die relativen Breiten der Accommodation? Der Myop $^1/_{12}$, der sich concav 12 vorsetzt und nun für 12″ convergirt, war bisher gewohnt, für diesen Abstand nicht zu accommodiren. Vermöge des positiven Theils seiner relativen Accommodationsbreite wird er aber noch im Stande sein im Convergenzpunkte zu sehen, wie ja auch der Emmetrop in 12″ aus demselben Grunde noch mit Concav 12 deutlich sehen kann. Aber sowie der Letztere mit diesen Concavgläsern rasch beim Objectsstande von 12″ ermüden wird, weil er nunmehr die ganze für diese Convergenz verfügbare Accommodation in Verwendung gezogen hat, der Accommodationsmuskel sich daher im relativen Maximum der Spannung befindet und diese eben so wenig wie ein anderer Muskel durch längere Zeit zu unterhalten vermag, ebenso werden die nun plötzlich corrigirten myopischen Augen, wenn sie auch überhaupt noch für den Convergenzpunkt zu

accommodiren vermögen, diese Einstellung nicht lange ertragen können. Ist die Myopie hochgradig, war ein Myop bis auf 7 oder 6″ zu convergiren im Stande, ohne zu accommodiren, dann ist er unmittelbar nach der Correction auch bei Anwendung der ganzen $\frac{1}{a_1}$ nicht in der Lage, auch nur für die Convergenz von 12″ die nöthige Accommodation aufzubringen, er sieht, wie der uncorrigirte relative Hypermetrop, nur in einem jenseits des Convergenzpunktes gelegenen Punkte.

Ganz analog kann man die Verhältnisse des Hypermetropen nicht beurtheilen, weil es unter den bisher gemachten Annahmen, wie wir wissen, nicht gelingt, die Hypermetropie zu corrigiren. Aber selbst, wenn nur die manifeste Hypermetropie corrigirt wird, kann es geschehen, dass die Augen bei Convergenzstellungen Beschwerden zeigen, die so zu deuten sind, dass sie, gewohnt für diese Convergenzen sehr stark zu accommodiren, es trotz des factisch grossen Werthes der negativen relativen Accommodationsbreite nicht vermögen, von ihrer Accommodation nachzulassen, weil eben ihre negative relative Accommodationsbreite gleichsam latent ist. Wenn wir es versuchen würden, unseren Hypermetropen mit $H^1/_6$ zu corrigiren, also ihm convex $6^1/_2$ vorzusetzen, dann würde eben schon in die Entfernung wegen zu starker Accommodation nichts gesehen und eben so wenig in irgend einem endlichen Convergenzpunkte. Der corrigirte Myop accommodirt also zunächst bei Convergenzstellungen zu wenig, der corrigirte Hypermetrop dagegen zu viel.

Weil aber ein Functionsverhältniss zwischen Ciliarmuskel- und Interni-Contraction im Allgemeinen und für die beiden Arten der Ametropie in specie nicht besteht, so wird der brillentragende Myop für alle Convergenzen stärker, der brillentragende Hypermetrop hingegen für alle Convergenzen schwächer zu accommodiren lernen, jedoch mit dem wesentlichen Unterschiede, dass der Myop, wiewohl er eine bisher nicht geübte active Muskelwirkung sich angewöhnen muss, dieselbe, wie die Erfahrung zeigt (mit einzelnen später zu erwähnenden Ausnahmen), sehr rasch sich angewöhnt, während der Hypermetrop, der nur eine excessive Muskelanstrengung ablegen soll, sich dieselbe sehr schwer abgewöhnt. Und wie mit dem Erlernen, so geht es auch mit dem Verlernen. Der Myop, der leicht lernt, seine Accommodation dem durch die Concavgläser gesetzten Bedürfnisse anzupassen, verlernt eben so rasch das stärkere Accommodiren, sobald die Gläser abgelegt werden. Der Hypermetrop, der so schwer verlernt, unter Brillen die unnöthige excessive Accommodationsanstrengung aufzugeben, erlernt

eben so schwer oder gar nicht mehr, diese stärkere Accommodation zum Zweck des Deutlichsehens neuerdings auszuüben, wenn die Brillen nach längerem Gebrauche wieder abgelegt werden.

Sowohl Myop als Hypermetrop können die relativ grösste Unabhängigkeit in der Contraction des Ciliarmuskels von jener der geraden inneren Augenmuskeln erwerben, wenn sie abwechselnd mit und ohne Brillen arbeiten. Auch da ist der Myop der Meister, der Hypermetrop braucht seiner Beschwerden wegen, die uns in der nächsten Vorlesung beschäftigen werden, die Brillen, ist also weniger auf solche Versuche eingeübt. Ich kann mit Concav 6 in dem Abstande von 12″ arbeiten, lege mir dabei eine Linse c. $^1/_{12}$ zu und kann diese Brille mit einer von 12″ Z. W. vertauschen und in derselben Entfernung jetzt ohne Accommodation arbeiten. Ich kann aber auch diese Brille ablegen und ohne Glas im Abstande von $5^3/_4$″ lesen. Der Accommodationsmuskel braucht, um sich den jeweiligen Verhältnissen anzupassen, nur die Zeit von einigen Secunden.

Nachdem wir das Sehen des unbewaffneten myopischen und hypermetropischen Auges geschildert, soweit es mit unseren bisher erworbenen Kenntnissen möglich war, musste die Lehre der relativen Accommodationsbreiten genauer erörtert werden, um die weiteren Eigenheiten und Beschwerden des ametropischen Auges mit Nutzen erörtern zu können.

Siebzehnte Vorlesung.

Asthenopie. Eintheilung derselben. Accommodative Asthenopie.

Wir betreten ein weites Gebiet, meine Herren! ein Gebiet, an dem viel menschliches Elend klebt, das Gebiet der Asthenopie. Die Asthenopie ist nicht eine bestimmte Erkrankung des Auges, sie ist ein Symptom oder vielmehr ein Complex von Symptomen, der in verschiedenen krankhaften Zuständen wurzelt, sie ist der Ausdruck für eine Reihe sehr differenter, zum Theile leider noch immer nicht genügend ergründeter Alterationen des Sehorgans. Wir müssen bei der Besprechung der Asthenopie das eigentliche Gebiet der optischen Fehler überschreiten. Es wäre Stückwerk, wollten wir nur die von Ametropie abhängigen Formen der Asthenopie beschreiben, ohne der anderen

ken, deren Kenntniss ja schon zur Stellung der Differentialdiagnose gänglich nothwendig ist. Die Erscheinungen der Asthenopie sind seit langer Zeit gekannt, und man findet auch ganz zutreffende lerungen dieses Leidens aus verflossenen Jahrzehnten. Es scheint rwähnenswerth, dass Jüngken vor einer langen Reihe von Jahren mptome der „Hebetudo visus“ in kurzen und kräftigen Zügen gegeben hat, während ihm in seiner letzten Publication vom 1870, in seiner Augendiätetik, die rechte Auffassung für die tudo“ verloren gegangen ist, indem dieselbe als das beschrieben was man noch gegenwärtig Amblyopie nennt.

Die Erscheinungen der Asthenopie können ein gewisses typisches ge zeigen, es braucht also dieses durchaus nicht in allen hieher hnenden Fällen zum Ausdrucke zu kommen. Die Beschäftigung lividuums, der Höhegrad der zu Grunde liegenden Anomalie, das in welchem die asthenopischen Erscheinungen hervortreten, wer- if die Symptomengruppe modificirend wirken, so wie andererseits zu verschweigen ist, dass auch unter scheinbar gleichen Verhält- nicht allzuselten ungleiche Erscheinungen sich zeigen. Entwerfen nächst das typische Bild.

Ein Individuum, das noch niemals Anstand mit seinen Augen , das irgend einer die Augen anstrengenden Beschäftigung — n wir das Schneiderhandwerk als Beispiel — immer mit Aus- obgelegen, bemerkt am letzten Arbeitstage der Woche, dass ch in ganz ungewohnter Weise die Stiche der Nadel undeutlich ı, dass Nadelspitze und eben Genähtes verschwimmt, die Fort- z der Arbeit für den Moment nicht möglich ist. Der Arbei- aubt, es müssten seine Augen voll Wasser sein, er schliesst en, reibt sie mit dem Rücken der Hand und blickt noch ein über die Arbeit hinweg. Dann beginnt er sein Tagewerk wieder hrt es auch ohne weitere Störung zu Ende.

Wenn der Mann, nachdem er am Sonntage gefeiert, am Montag ieder in Thätigkeit setzt, hat er längst des kleinen Zwischenfalls en, der ihm begegnet. Allein die Mahnung bleibt nicht aus. tzte Wochentag ist da. Zu einer frühern Stunde als am ver- n Samstag, zeigt sich dasselbe Phänomen des „Vergehens“ der Wohl nützt vorläufig wieder das Auskunftsmittel des momen- Vegsehns und des Augenreibens, aber vielleicht schon an diesem vielleicht erst die Woche später wiederholt sich die Erscheinung nächsten Stunden. Es bedarf nun einer etwas längeren Pause,

um die Arbeit überhaupt wieder aufnehmen zu können. Sie geht da aber nur noch schwer von Statten. Es stellt sich ein unangenehm drückendes, ziehendes Gefühl in der Gegend der Augenbrauen ein, Arbeit muss neuerdings unterbrochen, und kann auch mit Unterbrech gen nicht mehr bis zu der gewohnten Stunde fortgesetzt werden. D künstliche Beleuchtung des Abends hatte die Beschwerden zu sel gesteigert.

Wir wollen unsere Beschreibung nicht zu weit ausspinnen. Na der Sonntagsruhe in den ersten Tagen der Woche wieder norma Arbeitskraft — Ermüdung tritt aber schon Samstag früh oder bere Freitag Abends ein — die Ruhe zweier Tage (Samstags und So tags) ist nöthig, um die Augen wieder arbeitsfähig zu machen — de hat die längere Ruhe das Uebel nicht geheilt. Immer anteponir wird die Zeit, zu welcher der Kranke — nun können wir ihn so n nen — der mit bangem Herzen den letzten Tagen der Woche ent gensieht, von der Ermüdung ereilt wird — immer länger der zur Erhol der Augen nothwendige Zeitraum. Es kommt dahin, dass statt 6 Tag arbeiten und Einen Tag zu ruhen, der „Asthenopische" nur Einen T arbeiten kann und 6 Tage ruhen muss. Aber damit ist die Gre des Uebels noch lange nicht erreicht. Die Asthenopie kann sich solchem Grade steigern, dass nur durch eine Stunde, durch eine hal eine viertel Stunde, und endlich nur durch einige Minuten eine Arbeit in Nähe vollführt werden kann und es kommt endlich so weit, dass dem Kranken unmöglich wird, auch nur eine einzige Zeile zu Ende lesen. Die ersten Worte der Zeile sieht er ganz scharf und deutli dann aber werden unter schmerzhaftem Gefühle über und wohl a in den Augen die Buchstaben grau, undeutlich, die Zeilen laufen dur einander und um das Weiterlesen ist's geschehn.

Wie verhält sich denn die Sehschärfe, wie verhält es sich m dem Sehen in die Ferne bei Asthenopie? Das war eben den früh Beobachtern das Frappante des Leidens, dass die von dem Uebel b griffenen beim Blick in die Ferne keine Beschwerden darboten, u dass ihre Sehschärfe eine ganz normale, ja eine ganz vortreffliche u und auch bleiben konnte, wenn die Augen nicht zur Nahearbeit for wurden. „Fast könnte man diese Kranken bei sehenden Augen bl für jede Beschäftigung nennen", sagt Ludwig Böhm 1845. Es w ihm die Erscheinungen der Asthenopie vollkommen bekannt, es ihm aber auch bekannt, dass solche Individuen die feinste Schrift, sie künstlich auf Papiergeld mit kaum unterscheidbaren Buchst ausgeführt ist", lesen konnten.

s Vorhandensein voller Sehschärfe in Nähe und Ferne gehört rchaus nicht zum Wesen der Asthenopie. Die Sehschärfe ist ei der gewöhnlichen Form des Leidens, die, wie wir sehen werden, rmetropie ihren Grund hat, nicht selten herabgesetzt. Ohne nd auch mit Glas) können solche Augen, wie wir wissen, häufig Snellen auf 20′ nicht nennen. Ebenso geschieht es, dass pen, die für die Ferne zwar ohne Gläser $S\,^{20}/_{20}$ darbieten, doch aeger nicht lesen können, weil ihre Hypermetropie eben nur Ferne facultativ, für die Nähe aber relativ ist. Ebenso kann r Art der Asthenopie, die den Namen der musculären führt, schärfe unter dem Normalen bleiben. Nur bei den beiden nicht sikalischer Grundlage fussenden Formen gehört es, möchte ich um Wesen derselben, dass die Sehschärfe für Nähe und Ferne sei, weil man sonst im Zweifel sein könnte, ob man diese Leiden das Capitel der Asthenopie einzustellen oder sie bereits dem Ge- r Amblyopie zuzuweisen habe. Die Symptome bleiben bei den denen Formen der Asthenopie die gleichen. Auch dass mehrere der Asthenopie concurriren, d. h. dass mehrere Ursachen vor- sind, von denen eine jede die in Rede stehenden Erscheinungen rufen im Stande wäre, ändert an dem Gesammtbilde Nichts. pus dieses letztern haben wir zunächst entworfen und sofort die ngen über die Sehschärfe der leidenden Augen beigefügt. Nun wir noch aussprechen, dass das typische Bild das seltenere ist, den niederen Graden der Asthenopie gewöhnlich einfach die Klage wird, dass die tägliche Arbeitsdauer nur einige Stunden betrage n die Ermüdungserscheinungen und das Undeutlichsehen eintreten. ber dieses letztere, das Undeutlichwerden der Objecte sei noch s bemerkt. Nehmen mir z. B. die Erscheinungen, wie sie beim sich entwickeln. Es werden einem aufmerksamen Beobachter, n die unangenehmen oder schmerzhaften Empfindungen in der ng des Auges oder auch zugleich im Auge sich angemeldet, die ben weniger schwarz, mehr grau. breit und verschwommen, als ie ganze Zeile gleichsam einen grauschwarzen Anstrich bekom- anchmal scheinen auch die einzelnen Buchstaben hin und her zu ten, bis endlich die Zeilen durcheinanderlaufen und damit auch rcirung des Lesens aufhört. So verhält es sich ziemlich gleich n verschiedenen Species der Asthenopie. Kleine Differenzen wir noch kennen lernen.

un einen Schritt vorwärts! Angedeutet haben wir bereits olt die verschiedenen Formen, nennen wir sie jetzt! Es wird

am besten sein, vier derselben zu unterscheiden. Zwei davon beruhen ich möchte sagen, auf physikalischer Grundlage, es ist dies die accommodative und musculäre Asthenopie, die beiden anderen mögen als retinale und neuralgische geführt werden.

I. Die accommodative Asthenopie.

Accommodative Asthenopie tritt dann ein, wenn ein im Vergleich zur Ausdauer (Energie) des Accommodationsmuskels zu grosser Bruchtheil der absoluten oder relativen Accommodationsbreite dauernd in der Nähe aufgewendet wird.

Nicht weniger als vier Formen müssen wieder bei der accommodativen Asthenopie unterschieden werden:

1. Accommodative Asthenopie in Folge von herabgesetzter Energie des Musculus ciliaris. Hierbei können die Augen emmetropisch, die absolute, sowie die relativen Accommodationsbreiten können normal sein.

2. Asthenopie, bedingt durch Parese des Accommodationsmuskels. Die Augen können emmetropisch sein. Die absolute Accommodationsbreite ist verringert, die relativen sind verändert.

3. Asthenopie, erzeugt durch Abweichung der relativen Accommodationsbreiten von der Norm, bei Mangel eines Baufehlers der Augen und bei normaler absoluter Accommodationsbreite.

4. Asthenopie, hervorgerufen durch Hypermetropie. Absolute Accommodationsbreite ist normal oder übergross, die relativen Accommodationsbreiten sind dem Baufehler entsprechend verlagert.

Die erste Form bietet nichts Befremdendes. Der Accommodationsmuskel ist zwar nicht paretisch, denn die absolute Accommodationsbreite hat nicht gelitten. Aber sowie von zwei Menschen der Eine, der etwa eine längere Krankheit durchgemacht, mit seinem Arm eine bestimmte Last zwar ebenso hoch heben kann, wie der Zweite, Gesunde, aber beide sich dadurch unterscheiden, dass der Gesunde durch eine viel längere Zeit die Last in der gleichen Höhe zu erhalten vermag als der Reconvalescent, ebenso verhalten sich die Beiden in Betreff ihrer Accommodationsleistungen. Die Accommodation für einen 12 Zoll entfernten Punkt wird von emmetropischen Augen mit normaler Accommodationsbreite und normaler Energie des Brücke'schen Muskels dauernd (bis zu einer gewissen Zeitgrenze) ohne die geringste Beschwerde ertragen, denn bei normaler Energie ist die Aufwendung eines Dritttheils oder der Hälfte der absoluten und eines Dritttheils der relativen Accommodationsbreite eben eine leicht zu erfüllende Lei-

ung. Hat aber die Energie des Muskels durch schwere erschöpfende rankheiten oder durch ganz ungewöhnliche Anstrengungen der Augen esentlich gelitten, dann erweisen sich auch die ebengenannten Accomodationsbruchtheile als zu gross im Vergleiche zur bestehenden Muslenergie. Der Fall tritt ein, der an die Spitze unseres Capitels als r die Entstehung der accommodativen Asthenopie massgebend gestellt rde. Bei Fortsetzung der Nahearbeit ermüdet der Musculus ciliaris, lässt in seiner Contraction nach, „die Gegenstände werden undeuth"; zu dem Nachlassen der Contraction des Accommodationsmuskels sellt sich auch Erschlaffung der musculi recti interni, es entstehen kreuzte Doppelbilder, „die Gegenstände laufen durcheinander" — die henopische Pause ist gesetzt.

Bei Existenz der zweiten Ursache accommodativer Asthenopie, i wirklicher Parese des Accommodationsmuskels, wenn dieselbe ht zu hochgradig ist, ist das Entstehen der erstern, wenn möglich, ch einleuchtender. Ein Emmetrope, dessen $\frac{1}{A} = {}^1/_5$, erleide eine rese des Accommodationsmuskels. In Folge dessen sei die absolute commodationsbreite auf die Hälfte, auf $^1/_{10}$ herabgesetzt. Bei der beit für 12" Entfernung muss Accommodationsbreite $^1/_{12}$, also $^5/_6$ r ganzen $\frac{1}{A}$ aufgewendet werden. Das ist aber für die Dauer unmögh. Denn $^5/_6$ der ganzen Leistungsfähigkeit vermag der Muskel auch i vollkommener Energie unter keiner Bedingung dauernd zu liefern, schweige, wenn er paretisch ist. Warum bei der durch das vorckende Alter gesetzten Abnahme der Accommodationsbreite asthepische Erscheinungen weniger hervortreten — davon später.

Eigenthümlich und frappant ist die dritte Form des Leidens. e Augen sind emmetropisch, es liegt nicht der geringste Grund vor herabgesetzte Energie, die absolute Accommodationsbreite ist norl und doch kann die bestehende Asthenopie in die Kategorie der commodativen subsummirt werden. Das geht nämlich so zu.

Wir haben gesehen, dass wenn wir die Myopie neutralisiren, die s Brillentragens ungewohnten Augen zunächst rasch bei der Nahebeit ermüden, weil der relative Nahepunkt zunächst im oder nahe m Convergenzpunkte liegt, den Augen also bei der gegebenen Conrgenz keine Accommodationsbreite mehr zur Verfügung steht. Und sowie i Aufwendung eines bestimmten Bruchtheils der absoluten Accomdationsbreite auch bei bester Muskelenergie unfehlbar Asthenopie ftreten muss, ebenso kann nur ein bestimmter Bruchtheil relativer

Accommodationsbreite ohne Gefahr der Ermüdung dauernd zur Verwendung kommen. Ein emmetropisches Auge hat bei einer Convergenz für 12" noch etwa eine Accommodationsbreite $^1/_{12}$ zur Verfügung. d. i. $^2/_3$ der ganzen relativen Accommodationsbreite, wenn diese letztere (falls wir den relativen Fernpunkt in 24" liegend annehmen) in toto $^1/_8$ beträgt. Es wird also in diesem Falle nur $\frac{1}{3A_1}$ aufgewendet, ein Bruchtheil, der auf $\frac{1}{2A_1}$ steigen kann und den der betheiligte Muskel bei gewöhnlicher Energie ohne jede Anstrengung zu verwerthen vermag. Selbst $^2/_3$ der relativen Accommodationsbreite kann bei guter Muskelenergie und wenn nur der positive Theil von $\frac{1}{A_1}$ grösser ist als der negative noch ohne Nachtheil verarbeitet werden und nach v. Graefe können viele Individuen sogar mehr als $^3/_4$ der oft genannten Kraftgrösse ohne Schaden verwenden. Die letztere Angabe möchte ich allerdings in Zweifel ziehen, nur so viel ist gewiss, dass je nach der Energie des Muskels der Bruchtheil, der ohne Schaden zu verwendenden $\frac{1}{A_1}$ schwankt — ein Umstand, auf den eben grade v. Graefe besonders aufmerksam gemacht hat. Sei aber die Energie des Muskels, welche sie wolle — es hat Alles seine Grenze.

Ist der Convergenzpunkt der relative Nahepunkt selbst oder steht er wenigstens dem letzteren sehr nahe, dann ist immer accommodative Ermüdung die Folge. Wenn also ein des Brillentragens ungewohnter Myope mit M $^1/_{10}$ durch eine Brille — $^1/_{10}$ in der Entfernung von 12" zu arbeiten versucht, so ermüdet er, wenn auch das Object nach einiger Zeit deutlich wird, dennoch bald, weil der Accommodationsmuskel sich für diese Entfernung zu wenig contrahirt. Der relative Nahepunkt liegt in 12" oder vielleicht in 10", der positive Theil der relativen Accommodationsbreite ist Null oder $^1/_{60}$, dem Accommodationsmuskel steht kein oder nur ein sehr kleiner Krafttheil noch zur Verfügung — die unausbleibliche Folge ist Asthenopie. Die asthenopischen Erscheinungen sind jedoch unter solchen Umständen meistens nur vorübergehend, weil wie wir gesehen haben, durch das Tragen der Brillen die Lage der relativen Accommodationsbreiten bei Myopen ziemlich rasch geändert, in das Geleise jener des emmetropischen Auges gebracht oder richtiger gesagt, der Zusammenhang zwischen Convergenz- und Accommodationsvermögen ganz gelockert wird. Jedoch sei hier auch der Ausnahmen erwähnt, die bei Myopen höheren Grades bisweilen zu finden sind. Auch bei

ungenügender absoluter Accommodationsbreite, Muskelenergie und Sehschärfe ermüden sie, wenn man ihnen die corrigirenden Gläser beim Arbeiten in der Nähe aufnöthigt, weil in diesen Fällen selbst durch fortgesetztes Tragen der Gläser die relativen Accommodationsbreiten nicht zweckentsprechend verlagert werden, weil diese Myopen eben auch durch fortgesetzte Uebung nicht lernen, bei schwacher Convergenz verhältnissmässig stark zu accommodiren.

Sowie also accommodative Asthenopie unter den letztgenannten Verhältnissen durch das Tragen von Brillen hervorgerufen würde, so geschieht es bisweilen durch ein eigenthümliches Missverhältniss zwischen der Stärke der Musculi recti interni und der Brücke'schen Muskeln, ohne dass ein Baufehler des Auges zu Grunde läge und ohne dass Brillen die unmittelbare Ursache des Uebels wären. Es kommen Fälle, allerdings ungemein selten, vor, in welchen bei emmetropischem Bau der Augen und normaler absoluter Accommodationsbreite die Accommodation für jede Convergenz desshalb zu gering ist, weil den Musculis rectis internis eine ungewöhnliche Stärke zukommt, dieselben also entweder einen ungewöhnlich grossen Querschnitt besitzen oder nur wegen Insufficienz der Externi relativ zu mächtig sind, demnach zur Erzielung einer bestimmten Convergenz eine geringere Kraft als unter normalen Verhältnissen aufgewendet zu werden braucht, diese geringere Kraft sich auf den mitbewegenden Musculus ciliaris reflectirt und dieser letztere daher, da er nicht die abnorme Massenentwicklung des inneren geraden Augenmuskels aufweist, eine relativ zur Convergenz zu geringe Leistung vollführt. Für die Convergenz von 12" läge z. B. unter solchen Verhältnissen der relative Nahepunkt in 10, der relative Fernpunkt in 20 Zoll. Die totale relative Accommodationsbreite wäre dann $= {}^1/_{10} - {}^1/_{20} = {}^1/_{20}$, der positive Theil $= {}^1/_{10} - {}^1/_{12} = {}^1/_{60}$, der negative Theil $= {}^1/_{12} - {}^1/_{20} = {}^1/_{30}$; der negative Theil wäre daher doppelt so gross als der positive und dieser letztere nur $^1/_3$ der ganzen $\frac{1}{A_1}$. In Folge der geringen Grösse von $\frac{1}{A_1}$, in Folge des ungünstigen Verhältnisses zwischen $\frac{1}{a_1}$ und $\frac{1}{a_2}$ einerseits und zwischen $\frac{1}{a_1}$ und $\frac{1}{A_1}$ andererseits wird auch bei guter Energie des Accommodationsmuskels Asthenopie auftreten.

Eine ähnliche Form der Asthenopie könnte sich auch zeigen, wenn bei normaler und proportionaler Stärke der geraden inneren und

der Ciliarmuskeln, bei normalem Augenbau und normaler $\frac{1}{A}$ der Abstand der beiden Augen von einander ein ungewöhnlich kleiner, die sogenannte Grundlinie also ungewöhnlich kurz wäre. Dann würde gleichfalls einem bestimmten Convergenzpunkt eine ungewöhnlich schwache Contraction der Musculi recti interni und in Folge dessen auch des Accommodationsmuskels entsprechen. Doch fand ich in den wenigen Fällen des in Rede stehenden eigenthümlichen Leidens die Grundlinie nicht verkürzt.

Ich will noch erwähnen, dass Mannhardt (1869) eigenthümliche asthenopische Erscheinungen, die bei einer 39jährigen myopischen Lehrerin, deren Myopie durch — 1/4 corrigirt wurde, auftraten, ohne dass Concavgläser zur Nahearbeit in Verwendung gezogen wurden, unter diese dritte Form der accommodativen Asthenopie einreiht, wie schon aus Mannhardt's Bezeichnung der Asthenopie als „accommodative Asthenopie durch musculäre Hypersthenie" hervorgeht. Patientin convergirte beim Nahesehen bis auf 2" ohne Anstand und konnte in dieser Entfernung lesen. In dem Abstande von 3" jedoch wurde die Schrift undeutlich, „die Buchstaben traten auseinander, wurden doppelt". Um in der Entfernung von 3" zu sehen, musste, da —1/4 das Correctionsglas war, also höchstens M 1/4 1/2 bestand, eine Accommodationsanstrengung von mindestens 1/3 — 1/4 1/2 = 1/9 aufgebracht werden. In Folge der Hypersthenie (Krampf?) der Musculi recti interni wurde aber zu wenig accommodirt, es konnten bei der Convergenz für 3" die Augen eine Linse 1/9 sich nicht zulegen und wenn auch bei noch stärkerer Convergenz die Accommodation für den Convergenzpunkt erreicht wurde, so fiel dieser doch fast oder genau in den relativen Nahepunkt — daher accommodative Asthenopie.

Von dieser seltensten Ursache accommodativer Asthenopie wenden wir uns der häufigsten zu, der vierten Form derselben, der Asthenopie ex Hypermetropia. Es ist eines der unsterblichen Verdienste von Donders, den Zusammenhang zwischen Asthenopie und Hypermetropie aufgedeckt zu haben. Nun man diesen Zusammenhang kennt, ähnelt die Sache dem Ei des Columbus. Sie ist selbstverständlich. Wir haben gesehen, dass man das hypermetropische Auge als ein solches auffassen kann, welches im Vergleiche mit dem emmetropischen gleichsam eine Linse zu wenig hat. Will es sich dem emmetropischen gleich machen, will es also in die unendliche Entfernung deutlich sehen, so muss es zunächst diese fehlende Linse durch Accommodation ersetzen.

Hat also ein Auge mit $H\,{}^1/_{12}$ eine absolute Accommodationsbreite $^1/_4$, so bleibt ihm, wenn es mit parallelen Gesichtslinien die Linse $^1/_{12}$ sich zulegt, nur noch die Linse $^1/_4 - {}^1/_{12} = {}^1/_6$ für die Convergenzstellungen übrig. Der absolute Nahepunkt liegt in 6", während er in 4" läge, falls das Auge bei der gleichen Grösse von $\frac{1}{A}$ emmetropisch wäre. Diese Hinausrückung des absoluten Nahepunktes hat jedoch als solche in dem gesetzten Falle nur wenig auf sich. Wichtiger ist das Verhalten der relativen Accommodationsbreiten. Die zusammenwirkenden Augen müssen für jede Convergenzstellung eine gewisse Anstrengung des Musculus ciliaris, (durch welche eben der menschlichen Linse die einer dem Auge vorgesetzten Glaslinse $^1/_{12}$ entsprechende Linse zugelegt wird) mitbringen. Es bleibt also, wie wir dies ja schon sahen, für eine bestimmte Convergenzstellung nur ein verhältnissmässig geringer positiver Bruchtheil relativer Accommodationsbreite zur Verfügung und ist die Energie des Accommodationsmuskels nicht eine besonders hervorragende, so wird schon bei mässiger Convergenz accommodative Asthenopie in dem besprochenen Falle sich zeigen. Sie kann auch bei bester Energie nicht ausbleiben, sowie die absolute Accommodationsbreite mit zunehmenden Jahren abnimmt. Auch bei bester Energie wird dann ein Zeitpunkt und zwar in unserem Beispiele ziemlich früh kommen, von welchem angefangen beim Arbeiten in der Nähe ein zu schreiendes Missverhältniss zwischen Energie und dem zu verbrauchenden Theile der absoluten und relativen Accommodationsbreite auftaucht, als dass Asthenopie ausbleiben könnte. Dabei kann die Hypermetropie für die Arbeits-Convergenzstellung der Augen facultativ sein, d. h. es werden eben die Objecte noch vollkommen deutlich, aber nur für eine bestimmte Zeitdauer gesehen, oder aber — und die Erfahrung zeigt uns wenigstens, dass dies der gewöhnlichere Fall ist — die Hypermetropie ist für die besprochene Convergenz relativ, d. h. auch bei Aufwendung der für die Convergenz möglichst grössten Accommodationsquote wird doch im Convergenzpunkte nicht mehr ganz deutlich gesehen, z. B. Nr. 1 Jaeger nicht mehr gelesen.

Das als typisch geschilderte Bild der Asthenopie, welches, wenn es überhaupt der Ausdruck für accommodative Asthenopie ist, seine Grundlage in Hypermetropie hat, kommt eben dadurch zu Stande, dass, eine ungeschwächte Energie des Accommodationsmuskels vorausgesetzt, in einem bestimmten Lebensalter in Folge der de norma erfolgenden Abnahme der absoluten Accommodationsbreite das oft erwähnte Missverhältniss hervorzutreten beginnt, und die rasche Steigerung der asthe-

nopischen Erscheinungen nach ihrem ersten Auftreten hat darin ihren Grund, weil durch die Forcirung der Arbeit die Energie des Accommodationsmuskels leidet, und dadurch, ohne dass die absolute Accommodationsbreite im Verlaufe weniger Wochen eine weitere wesentliche Verminderung erfahren würde, eine immer ungünstigere Lage der relativen Accommodationsbreiten sich entwickelt.

Die ganze typische Reihenfolge der asthenopischen Erscheinungen beobachtet man nur bei nicht zu hohen Graden der Hypermetropie. Donders hat darauf aufmerksam gemacht, dass mit dem Werthe der zur Asthenopie führenden Hypermetropie ungefähr das Lebensalter gegeben ist, in welchem die asthenopischen Erscheinungen hervortreten. Es gibt von dieser Regel allerdings zahlreiche Ausnahmen und Asthenopie tritt häufig viel später auf, als sie dem eben ausgesprochenen Satze gemäss auftreten sollte. Aber bleiben wir zur Erläuterung des Gegenstandes bei Donders' Annahme. Bei $H\,^1/_{20}$ wird es also ungefähr im 20. Lebensjahre, bei höhergradiger H früher, bei solcher geringeren Grades erst später zur Asthenopie kommen. Es wird demnach Jemand mit $H\,^1/_{20}$ ungefähr bis zu seinem 20. Lebensjahre ohne Beschwerden arbeiten und zu dieser Zeit wird sich dann das typische Bild entwickeln. Bei hochgradiger Hypermetropie jedoch, gleichgiltig ob dieselbe facultativ, relativ oder absolut ist, werden die Ermüdungserscheinungen sofort hervortreten, so wie das Individuum im kindlichen Alter sich zuerst mit Arbeiten in der Nähe zu beschäftigen beginnt — also bei Beginn des Unterrichts. Es können dabei bei höchstgradiger Hypermetropie sofort die höchsten Grade der Asthenopie zum Vorschein kommen, so dass z. B. solche Kinder niemals im Stande waren, mehr als eine Zeile ohne Ermüdung zu lesen. Dass übrigens unter den letztgenannten Verhältnissen in der Regel die Erscheinungen hochgradiger Myopie und Amblyopie und nicht die der Asthenopie auftreten, wurde seinerzeit ausführlich besprochen.

Wir haben, meine Herren, von dem Gegenstande bisher so viel vorgebracht, als zum klaren Verständnisse des Wesens der accommodativen Asthenopie und ihrer verschiedenen Formen nothwendig ist. Fragen wir uns nun zunächst, ehe wir uns der Besprechung der therapeutischen Massnahmen zuwenden, ob die accommodative Asthenopie heilbar ist. Heilbar, vollkommen heilbar können nur jene Formen derselben sein, in welchen die schädliche Grundursache beseitigt werden kann. Da es nun möglich ist, dass ein geschwächter Accommodationsmuskel seine normale Energie wieder gewinnt, da es eben so möglich ist, dass eine Parese des Muskels wieder vollkommen schwindet, so

ergiebt sich daraus die vollkommene Heilbarkeit der beiden ersten Formen der accommodativen Asthenopie.

Auch die dritte Form, jene, welche auf fehlerhafter Lage der relativen Accommodationsbreiten beruht, untersteht in gewisser Beziehung der vollen Heilbarkeit. Wenn die Ursache der Asthenopie darin ihren Grund hat, dass die inneren geraden Augenmuskeln absolut oder relativ zu stark sind, dann werden wir, wenn es uns gelingt, die Musculi recti interni in der gehörigen Proportion dauernd abzuschwächen, so dass dadurch für eine bestimmte Convergenzstellung nunmehr eine stärkere Contraction der Muskeln erfordert wird, und also auch die Musculi ciliares sich entsprechend stärker contrahiren — ich sage, wir werden auf diese Weise dem Normalen sich nähernde oder ganz entsprechende Verhältnisse erzielen und somit die asthenopischen Beschwerden dauernd verschwinden machen. Eine dauernde Schwächung der Musculi recti interni wird durch deren Rücklagerung (Tenotomie) erzielt. Die Tenotomie, gehörig dosirt, wäre also im Stande, für die genannten Fälle dauernd Heilung zu bringen. In den Annalen der Augenheilkunde ist auch ein solcher therapeutischer Vorgang verzeichnet. v. Graefe[1]) heilte zwei hierher zu rechnende Fälle durch die Tenotomie.

Die vierte Form der Asthenopie, die auf Hypermetropie beruhende ist insofern unheilbar, als die zu Grunde liegende Hypermetropie nicht beseitigt werden kann. Zwar könnte die Ausgeburt der Phantasie auf Mittel sinnen, wie durch einen in der Hornhaut anzuregenden entzündlichen Process die Hornhautkrümmung im Centrum dauernd zu ändern, dauernd zu vermehren und damit die Hypermetropie zu heilen wäre — aber man hätte es eben nur mit einer Ausgeburt der Phantasie zu thun.

Bei der Frage der Heilbarkeit accommodativer Asthenopie muss man übrigens auch in Betracht ziehen, dass wenn die betreffende Asthenopie auch als rein accommodative anzusehen ist, doch mehrere Formen derselben concurriren können. Es kann also z. B. Hypermetropie mit herabgesetzter Energie des Accommodationsmuskels oder mit wirklicher Accommodationsparese oder mit abnormem Uebergewicht der Interni sich paaren. Es kann sich dann eben ereignen, dass in einem speciellen Falle die Hypermetropie für sich ebensowenig Asthenopie erzeugen würde, als dies durch den gleichzeitig vorhandenen Energiemangel, die Accommodationsparese oder die Beschaffenheit der Recti interni, falls

[1]) Dessen Archiv VIII. 2. pag. 321.

diese letzteren Anomalien ohne Hypermetropie da wären, geschähe. Es kann insofern auch eine Asthenopie, bei welcher Hypermetropie im Spiele ist, bedingungsweise und für eine bestimmte Zeitdauer vollkommen heilbar sein. Wenn der Accommodationsmuskel wieder seine normale Energie gewinnt, wenn die Parese schwindet, wenn durch Rücklagerung der Interni das Uebergewicht dieser Muskeln gebrochen wird — dann können die asthenopischen Erscheinungen wieder für so lange Zeit unsichtbar werden, bis durch den normalen Gang in der Abnahme der Accommodationsbreite, wie dies die vorschreitenden Jahre mit sich bringen, die an den Accommodationsmuskel gestellten Anforderungen trotz guter Energie nicht mehr erfüllt werden können und da eben diese durch die Jahre bedingte Abnahme der Accommodationsbreite nicht wieder zu beseitigen ist, so folgt daraus die Unheilbarkeit der auf Hypermetropie allein fussenden Asthenopie.

Wenden wir uns der Diagnose und der Therapie der in Rede stehenden Leiden zu! Bei der in der Reconvalescenz von schwerer Krankheit auftretenden Asthenopie wird man an Herabsetzung der Accommodationsmuskelenergie und an Accommodationsparese denken. Das erstere wird dadurch wahrscheinlich gemacht, dass man Emmetropie (oder geringe Myopie) findet und dass der Nahepunkt eine dem Alter des Individuums beiläufig entsprechende Lage zeigt, während man die Parese dadurch nachweist, dass bei vorhandener Emmetropie (oder geringer Myopie) der Nahepunkt deutlich vom Auge abgerückt ist. Verordnen wir in einem solchen Falle ein entsprechendes Convexglas, welches den in seinem gegenwärtigen Zustande überbürdeten Accommodationsmuskel das Uebermass der Anstrengung erspart, so müssen die asthenopischen Erscheinungen schwinden. Geschieht dies, so hat man die Sicherheit, dass nicht neben der accommodativen Asthenopie noch eine andere Form, muskuläre oder retinale, sich eingeschlichen hat. Zur Feststellung der Diagnose ist also der Gläserversuch unerlässlich. Anders aber ist es mit der Frage, ob zum Zwecke der Therapie Convexgläser verordnet werden sollen. Ein durch langwierige Krankheit oder Ueberanstrengung geschwächter oder gelähmter Muskel wird dadurch am besten geschont und es werden dadurch die besten Bedingungen für die Wiederherstellung seiner geschwächten Energie oder seiner verringerten Contractionsgrösse gesetzt, dass man ihn ganz in Ruhe lässt. Eine methodische Uebung wird ebensowenig als eine künstliche Reizung (durch Elektricität) seinen Zustand zu bessern im Stande sein. Wenn man einen ohnehin geschwächten Muskel zu einer für ihn nunmehr abnormen Thätigkeit antreibt, wird er natürlich mit noch grösserer

öpfung antworten. In unseren Fällen wird es daher am besten die Aufnahme der Arbeit von Seiten des Accommodationsmuskels ne Zeit zu verschieben, bis unter Anwendung einer allgemeinen nden Therapie die nach der Krankheit zurückgebliebene Schwäche brigen Körpermuskeln wenigstens zum grossen Theile gewichen Es ist daher, wenn die Jahreszeit und die Mittel des Kranken auben, gewiss am angezeigtesten, solche Individuen in Gebirgslen zu schicken, sie durch die Reize der Natur für die untersagte rbeit zu entschädigen und ihnen statt geistiger Kost möglichst ge Leibesnahrung anzurathen. Die Accommodationsmuskeln werch dabei auch nicht übel befinden und der von seiner Reise zukehrte Asthenope wird eben kein Asthenope mehr sein. Wer ge seiner Lebensstellung nicht in der Lage ist, sich durch längere er Nahearbeit zu enthalten oder wer das Opfer dieser Enthaltung bringen will, den rüste man mit einer „Ruhebrille" (v. Gräfe) . h. man gebe ihm die stärksten Convexgläser, welche in der Arbeite vertragen werden, ohne den Augen „unangenehm" zu sein. Nur wenn ein Emmetrope an vollständiger Paralyse des Accomionsmuskels beider Augen leidet, (in diesem Falle würde er aber asthenopische Erscheinungen darbieten) dann findet für die Conz auf 12″ eine Brille $^1/_{12}$ ihre Anwendung. Wenn aber übernoch Accommodation besteht, dann ist es nicht möglich, dem modationsmuskel durch Vorsetzen von Convexlinsen $^1/_{12}$ vor die jegliche Arbeit bei der 12″-Convergenz sofort abzunehmen, weil sowie convergirt wird, auch accommodirt wird, daher die genannläser zu stark sind. Allerdings könnte der Accommodationsmusrch die forcirte Benützung der genannten Convexgläser in einiger ich von der Mitbewegung mit dem Rectus internus zu befreien . aber eine solche unnatürliche Verlagerung der relativen Accomionsbreiten kann im Hinblick auf die zu erhoffende Herstellung ler Verhältnisse durchaus nicht in unserer Absicht liegen. Es ist i diesen Fällen jenes Glas zu geben, welches addirt zu der durch ch stattfindende Contraction des Ciliarmuskels gleichsam repreten Linse, jene Linse liefert, die sich die Augen zulegen müssen, der Entfernung von 12″ dauernd arbeiten zu können. Dieses nuss in jedem einzelnen Falle empirisch bestimmt werden. Wäre in einem speciellen Falle Convex 20 das stärkste Glas, mit welin der Entfernung von 12″ noch vollkommen deutlich und ohne werde gesehen wird, dann ist 20 die Nummer der Ruhebrille — eben für die Entfernung von 12″ die Ruhebrille gesucht werden soll.

Es ist ebenso einleuchtend, dass wenn mit Zunahme der Körperkraft auch die Accommodationsmuskeln an Energie gewinnen oder ihr paretischer Zustand abnimmt, dann auch die ihnen von Seiten des Convexglases zukommende Unterstützung eine geringere zu sein braucht, dass man also zum Gebrauche schwächerer Gläser überzugehen hat. Es ist dies zu thun nicht etwa desshalb nöthig, um durch ein solches Verfahren den Muskel allmälig an grössere Kraftanstrengungen zu gewöhnen, sondern desshalb, damit derselbe, sowie seine Kraftverhältnisse es gestatten, nicht künstlich (durch das zu starke Glas) abgehalten werde, die seinem Kräftezustande entsprechende Contraction auszuführen. Sonst könnte der Muskel zur Norm zurückkehren, hätte aber verlernt, sich dem Convergenzzustande entsprechend zu contrahiren, ein Uebelstand, der allerdings einige Zeit nach gänzlicher Entfernung der Brille sich wieder unmerkbar machen würde. Die rückkehrende Thätigkeit des Accommodationsmuskels kündigt sich übrigens selbst dadurch an, dass die Brille, die bis dahin dem Kranken wohlthuend war, nunmehr nach längerem Gebrauche der Augen in diesen ein unangenehmes spannendes Gefühl hervorruft — es ist diese Erscheinung das Signal dazu, schwächere Gläser anzuordnen. Und so wird unter dem Gebrauche von Convexgläsern, wobei man von den stärkeren zu immer schwächeren greift, bis man dieselben endlich ganz weglassen kann, die Asthenopie heilen. Solche Fälle waren es sicherlich, in welchen frühere Beobachter durch die Convexgläserkur Heilung der Asthenopie eintreten sahen, nur war die Auffassung in Betreff der Art der Heilung eine vollkommen unrichtige. Sie meinten, es geschähe die Heilung propter hoc und doch geschieht sie nur post hoc — sie wähnten, es würde durch die Convexgläserkur der Accommodationsapparat systematisch gestärkt und doch ist die Sache gerade verkehrt — nicht weil man systematisch von stärkeren zu schwächeren Gläsern übergeht, übt man die nöthigen Muskelkräfte bis zur normalen Leistungsfähigkeit, sondern im Gegentheile, weil die verlorene Muskelkraft sich wieder einstellt, kann man die starken Gläser entfernen, dieselben durch schwächere ersetzen und endlich ganz weglassen.

Noch ein Wort über eine hierhergehörende Entstehungsart der Asthenopie. Ist die Herabsetzung der Energie des Accommodationsmuskels durch fortgesetzte, übergrosse Anstrengung emmetropischer Augen, durch lange nächtliche Arbeiten bei schlechter Beleuchtung und übergeneigter Kopfhaltung bedingt — dann ist zunächst unbedingte Ruhe der Augen zu empfehlen. Auch eine „Ruhebrille“ ist in solchen Fällen in der Regel nicht im Stande, die Arbeitsfähigkeit wieder her-

zustellen. Wie schon aus diesem letzteren Umstande zu ersehen ist, handelt es sich da nicht blos um accommodative Beschwerden. Es ist vielmehr zumeist gleichzeitig musculäre und retinale Asthenopie gegeben.

Dass auch die dritte Form der Asthenopie bedingungsweise, nämlich durch einen operativen Eingriff geheilt werden kann, haben wir gesehen. Es würde vielleicht gar nicht die Mühe lohnen, über die so seltenen Fälle dieser Kategorie noch weiter viel Worte zu verlieren, wären dieselben nicht gerade optisch interessant. Zu einem operativen Eingriff wird man wegen der nicht genau zu berechnenden Folgen sich nicht leicht entschliessen, also lieber auf die radicale Heilung verzichten und es vorziehen, das ungünstige Verhältniss zwischen Accommodations- und inneren geraden Augenmuskeln durch jene Gläser zu beseitigen, mit deren Hilfe man eigentlich die Diagnose in solchen Fällen macht.

Wenn man nämlich bei emmetropischem Bau der Augen und normaler absoluter Accommodationsbreite Klagen über asthenopische Beschwerden hört, dann mache man zunächst einen Versuch, welcher, wie wir hören werden, dazu dient, um etwa vorhandene Insufficienz der Interni zu constatiren. Man halte vor ein Auge ein Prisma von etwa 14° mit gerade nach oben gerichteter Basis. Patient blicke dabei mit beiden Augen nach einem auf einem Blatt Papier verzeichneten schwarzen Punkte, wobei er das Papier in der gewöhnlichen Arbeitsweite hält. Durch ein Prisma werden die Lichtstrahlen nach der Basis abgelenkt, wesshalb das Bild des Punktes in dem mit dem Prisma bewaffneten Auge nicht mehr auf der Fovea centralis, sondern auf einer über ihr, in der obern Hälfte der Netzhaut gelegenen Stelle entworfen wird. Der Punkt wird nun doppelt gesehen und zwar steht das Bild, welches dem bewaffneten Auge entspricht, tiefer als das des unbewaffneten.

Sowie das Einfachsehen aufgehoben ist, werden die Bewegungen der Augenmuskeln nicht mehr von einem höheren Stimulus, dem Trieb zum Einfachsehen nämlich, regulirt, auf die Muskeln wirken, so wollen wir die Sache vorläufig darstellen, nur ihre gegenseitigen Kraftverhältnisse bestimmend und diesen letzteren gemäss werden die Augen gestellt. Befinden sich nun die Muskeln in der dem Versuche entsprechenden Convergenzstellung der Augen im Gleichgewichte ihrer Spannungen, dann wird die Aufhebung des gemeinschaftlichen Sehacts nur die Folge haben, dass falls die Basis des Prismas genau nach oben gestellt ist, auch genau übereinanderstehende Doppelbilder zum Vorschein kommen, weil das Prisma das Bild nur genau in verticaler

Richtung über die Fovea centralis verschiebt und wir uns, wenn die Stellung der Augen nicht geändert wird, vorstellen können, als würden die Bilder der beiden Augen in Einem Auge und zwar das eine Bild auf der Fovea, das andere gerade über ihr erzeugt. Besteht aber für die gegebene Convergenz nicht das Gleichgewicht der Muskelspannungen, dann wird sich dies in unserem Versuche sofort dadurch kund geben, dass die beiden Punkte nicht gerade übereinander stehend erscheinen. Waren die Musculi recti interni im Dienste des Einfachsehens im Uebermass der Spannung gewesen, so werden sie dasselbe, da es durch die Aufhebung des Einfachsehens unnöthig geworden ist, nunmehr aufgeben, die Augen werden desshalb nicht mehr für den Convergenz-, sondern für einen entfernteren Punkt eingerichtet sein, also relativ zur Objectlage divergiren. In dem unbewaffneten Auge wird das Bild, indem wir gleiche oder nahezu gleiche Sehschärfe beider Augen voraussetzen, nach wie vor auf der Fovea, im bewaffneten hingegen nicht mehr gerade nach oben, sondern wegen der Aussenwendung dieses Auges nach aussen und oben von der Fovea entworfen, und daher nicht gerade nach unten, sondern nach innen und unten vom andern Bilde projicirt. Hält man also das Prisma z. B. vor das rechte Auge, so wird das diesem Auge entsprechende Bild links und tiefer liegen. Das ist nun fast immer der Fall, wenn die Bilder nicht gerade übereinanderstehen. Nur höchst selten geschieht es, dass das tiefere Bild auf der gleichen Seite, wie das Auge, dem es angehört, sich findet, dass also die höhendistanten Doppelbilder nicht gekreuzte, sondern gleichnamige sind. Das letztere Verhalten zeigt an, dass die Musculi recti externi sich im Dienste des Einfachsehens im Spannungsexcess befanden und dass sie mit dem Eintreten der Doppelbilder den Rectis internis das Feld räumen. Die so eintretende pathologische Convergenz führt zur Entstehung der gleichnamigen Doppelbilder.

Die Recti interni überwiegen also relativ oder absolut dermassen über die Recti externi, dass es einer activen Anstrengung der letzteren bedarf, um die richtige Einstellung beider Augen im Convergenzpunkte zu erhalten. Dadurch wird erst recht klar, wie mangelhaft bei solchem Kraftverhältnisse zwischen äusseren und inneren Augenmuskeln die Accommodation für den Convergenzpunkt werden kann.

Indem wir in dem Falle gleichnamiger Doppelbilder vor das bewaffnete Auge noch ein Prisma mit der Basis nach aussen von bestimmter Stärke halten, werden wir bewirken können, dass die höhendistanten Bilder gerade übereinander zu stehen kommen. Denn in diesem Auge liegt ja das Bild nach innen (und nach oben) von der

›vea centralis. Das Prisma lenkt die Strahlen nach seiner Basis ab, so wird bei einer bestimmten Grösse des brechenden Winkels des ›ismas das Bild auf der Netzhaut soweit nach aussen abgelenkt, ›ss es in den verticalen Meridian des Auges, also genau über die ›vea zu liegen kommt. Entfernen wir jetzt das die Höhendistanz zeugende Prisma, so fallen die Bilder beiderseits auf die Fovea centralis, es wird unter dem Prisma mit der Kante nach innen das Object nfach und deutlich gesehen. Dadurch dass die Augen jetzt stärker ›nvergiren können, ohne dass desshalb das Einfachsehen behindert ird, wird auch stärker accommodirt. Also schon die Application des Ruheprismas" — hierbei sind es die Recti externi, die in den relati›n Ruhestand versetzt werden — bessert die Verhältnisse der Accomodation. Allein wir können ja noch stärkere Prismen mit der Kante ›ch innen den Augen vorsetzen. Im Dienste des Einfachsehens wird fort die Convergenz und damit die Accommodation noch gesteigert, ıd diese letztere kann daher durch entsprechend starke Prismen mit ›r Basis nach aussen zu jener Höhe gebracht werden, welche den ›rmalen Verhältnissen ungefähr entspricht, d. h. zu solcher Höhe, dass nmehr für eine Objectsdistanz von 12" noch ein beträchtlicher positiver heil relativer Accommodationsbreite zur Verfügung bleibt und damit ›r Grund für asthenopische Beschwerden entfällt, falls diese letzteren ır in der fehlerhaften Lage der relativen Accommodationsbreiten ihren rund hatten. Man kann also in derartigen Fällen durch das Tragen ›ismatischer Gläser (Basis nach aussen) die Asthenopie verhwinden machen. Mannhardt erreichte bei seiner früher erwähnten ıtientin den entsprechenden Erfolg dadurch, dass er vor jedes Auge n Prisma von 2° mit der Basis nach aussen setzte.

Die Therapie der Asthenopie ex Hypermetropia ist folgende. nd asthenopische Beschwerden da und hat man auf irgend eine Weise urch Gläser oder durch den Augenspiegel) Hypermetropie constatirt, so : es am wahrscheinlichsten, dass die Hypermetropie die Ursache der sthenopie ist. Dass sie die alleinige Ursache ist, kann a posteriori wiesen werden, d. h. dadurch, dass die gegen die Beschwerden der ypermetropie gerichteten Schritte genügen, um die Asthenopie verhwinden zu machen. Uebrigens werden wir erst nach Besprechung mmtlicher Formen der Asthenopie die vollständige Differentialdiagnose .s abstrahiren.

Es ist klar, dass nur durch das Tragen von Convexgläsern Abhilfe gegen die hypermetropische Asthenopie geschafft werden kann. ir die jeweilige Arbeitsweite vermag der Accommodationsmuskel nicht

die nothwendige Contraction dauernd zu leisten. Er muss daher du
Convexgläser unterstützt werden. Die in jedem speciellen Falle nöt
gen Gläser variiren je nach dem Grade der totalen und manifes
Hypermetropie, je nach dem Werthe der absoluten Accommodatio
breite, (also auch je nach dem Alter des Individuums), und je n
der Fähigkeit des Accommodationsmuskels, von der so häufig für j
Convergenz habituell gewordenen, übergrossen und daher nicht la
zu ertragenden Contraction abzulassen. Denn so sehr der Acco
modationsmuskel sich in unnatürliche Contractionszustände im Dien
des möglichst deutlichen Sehens versetzt, so sehr kann andererse
diese Contractionsgrösse — ein Verstoss gegen die allgemeine Regel
eine förmliche Function der Convergenz geworden sein, d. h. es e
spricht einer bestimmten Convergenz eine bestimmte Accommodatio
grösse und es gelingt den Gläsern, wiewohl durch diese die übermä
sige Muskelanstrengung unnöthig wird, nicht, dieses Functionsverhält
aufzuheben. Aber auch von diesen extremen Fällen abgesehen, ist
Werth jener Gläser, welche die Augen vertragen, caeteris parib
eben abhängig von der grössern oder geringern Leichtigkeit,
welcher das Verhältniss zwischen den betreffenden Muskeln durch C
vexgläser gelöst werden kann.

Aus alledem geht hervor, dass in einem speciellen Falle die G
ser nur empirisch bestimmt werden können. Die Regel lautet einfa
Man suche die stärksten Convexgläser, mit welchen in der Arbei
weite möglichst deutlich gesehen wird und welche von den Augen v
tragen werden. Hat man also Hypermetropie mit dem Augenspie
oder dadurch constatirt, dass durch Convexgläser ebenso deutlich o
deutlicher in die Ferne gesehen wird als mit freiem Auge, so ist
genaue Bestimmung der manifesten Hypermetropie, die ja übrig
häufig gar nicht gelingt, auch nicht gerade nöthig, wenn man sich einf
auf die Wahl der Gläser gegen die Asthenopie beschränken will. D
wird es natürlich im wissenschaftlichen Interesse liegen, ersteres, w
möglich, zu thun. Wichtig ist dagegen, dass man die Gläser für j
Entfernung, welche der Arbeitsweite entspricht und an jenem Objec
mit welchem sich der Asthenope thatsächlich beschäftigt, bestim
Denn ein Schuster oder Schneider z. B. kann eine Brille nicht br
chen, mit der er Nr. 1 Jäger in 10″ am besten liest und ein Schri
setzer, der feine Schrift setzt, kann unter übrigens gleichen Umstän
eine Brille nicht brauchen, die den Schuster oder Schneider wie
arbeitsfähig macht. Auch bei weiblichen Asthenopen muss die
der Arbeit gehörig gewürdigt werden. Es ist nicht gleichgiltig

die Brillenwahl, ob feine Nähereien oder Stickereien oder gröbere weibliche Arbeiten zum Lebensberufe der Betreffenden gehören. Die gewöhnliche Beschäftigung des Lesens und Schreibens fordert auch bestimmte Gläser.

Um Ihnen, meine Herren, zu zeigen, in welcher Weise Sie bei der Behandlung von hypermetropischen Asthenopen vorzugehen haben, führe ich Ihnen hiermit einige solche Fälle vor.

Der edle Jüngling, den ich Ihnen zuerst vorstelle, ist seines Zeichens ein Damenschuhmacher. Er steht in seinem 21. Lebensjahre. Seit einigen Monaten leidet er an asthenopischen Beschwerden. Wenn wir seinem Erinnerungsvermögen etwas zu Hilfe kommen, zeichnet er uns ein ziemlich typisches Bild. Er bemerkte zuerst, dass in den letzten Wochentagen zunächst des Abends Beschwerden bei der Arbeit auftraten, dass die Augen öfters „vergingen" und dass dieses Leiden allmälig so zunahm, dass überhaupt die tägliche Arbeitszeit um mehrere Stunden verkürzt ist. Die unangenehme Empfindung, welche den Ermüdungserscheinungen vorangeht, verlegt er ins obere Lid und dessen Umgebung. Betrachten wir die Augen, so sehen wir denselben nichts Besonderes an. Sie sehen wie gesunde Normalaugen aus, die Conjunctiva palpebrarum ist etwas stärker geröthet. Wir denken an Hypermetropie. Wir geben Nr. 1 Jäger zum Lesen. Es wird gelesen. Wir lassen die Schrift möglichst annähern. Sie wird noch bei einem Abstand von 5″ gelesen, jedoch ermüden die Augen, wenn in dieser Entfernung einige Zeilen hintereinander gelesen werden. Die Erscheinungen sprechen nicht gegen Hypermetropie. Auf 20 Fuss Entfernung werden mit jedem Auge Lettern XX erkannt, Y wird für T, G für O gehalten. Convex 60 verschlechtert das Sehen nicht, auch $^1/_{40}$ und $^1/_{36}$ taugt, das G wird mit diesem Glase als solches erkannt, durch $^1/_{30}$ erscheinen die Buchstaben nicht mehr so schwarz, wie durch $^1/_{36}$, sie sind etwas grau, stärkere Convexgläser verschlechtern das Sehen deutlich. Es besteht also manifeste $H\,^1/_{36}$. Nun lassen wir unsern Kranken die gehörige Position einnehmen. Ueber unsere Aufforderung hat er sein Arbeitszeug mitgebracht, er zeigt uns die Entfernung, in welcher er arbeitet, sie beträgt 15″. Bei jugendlichen Hypermetropen ist häufig das Glas, welches die manifeste Hypermetropie corrigirt, das stärkste, das vertragen wird. Wir lassen ihn also durch $^1/_{36}$ nach der Arbeit blicken. Er sieht scharf und deutlich, wir lassen ihn nun vor unseren Augen mit der Brille ein wenig arbeiten. Die Gläser behagen ihm. Wir versuchen $^1/_{30}$. Er bemerkt nicht viel Unterschied, doch kommt ihm vor, als ob die ersten Gläser besser wären. $^1/_{24}$ ist ihm

entschieden unangenehmer, die Brille „blendet“ ihn. Bei dem nochmaligen Versuche zwischen $^1/_{36}$ und $^1/_{30}$ gibt er wieder dem ersteren den Vorzug. Es wird ihm daher angerathen, zum Arbeiten sich einer Brille $^1/_{36}$ zu bedienen und dabei noch Folgendes empfohlen. Da die Augen in letzterer Zeit besonders stark angestrengt wurden, ist zunächst durch mehrere Tage jede Nahearbeit vollständig zu meiden. Mit Beginn der kommenden Woche kann die gewohnte Beschäftigung wieder aufgenommen werden, jedoch ist es gut, wenn anfangs jede halbe Stunde, auch ohne dass, wie zu hoffen ist, Ermüdungserscheinungen eintreten, von der Arbeit ein wenig weggesehen wird oder die Augen für 1, 2 Minuten geschlossen werden. Ist das Leiden in unserm Falle wirklich reine hypermetropische Asthenopie, dann werden die Beschwerden durch das Tragen der Brille schwinden. In diesem Falle können wir also, auch ohne Uebung in der Augenspiegeluntersuchung, zurecht kommen. Fügen wir die Resultate der ophthalmoscopischen Prüfung bei, so können wir sagen, dass der Spiegel $H\,^1/_{15}$ und geröthete Sehnerven zeigt. Das letztere, so wie eine hyperämische Conjunctiva bieten die Asthenopen aller Art fast durchgehends dar.

Complicirter ist folgender Fall. Der 15jährige Knabe, den Sie hier sehen, meine Herren, klagt über schlechtes Sehen, und gleichfalls über asthenopische Erscheinungen. Die Augen bieten nichts Abnormes dar. Am rechten Auge ist nur $S\,^{20}/_{70}$, am linken $^{20}/_{100}$ kaum. Setzen wir auch nur ein sehr schwaches Convexglas vor das rechte Auge, so wird das Sehen undeutlicher; durch Concavgläser wird auch nicht deutlicher gesehen. Wenn also an diesem Auge Hypermetropie besteht, so ist sie in toto latent. Am linken Auge ist $Hm\,^1/_{20}$, aber kleinere Buchstaben wie C, E (hundert) wurden doch auch mit Convex 20 nicht erkannt. Der Augenspiegel zeigt rechts $H\,^1/_{20}$, links $H\,^1/_{12}$, gibt keine Ursache für die so niedrige Sehschärfe. Da diese letztere nach den Angaben des Kranken nicht erst in letzterer Zeit abgenommen hat, er sich nicht erinnert, je besser gesehen zu haben, so muss ein abnormes Verhalten des gelben Flecks der Netzhaut angenommen werden, da eine pathologische Refractionsanomalie (Astigmatismus) fehlt. Uebrigens genirt den jungen Menschen nicht so sehr die Herabsetzung der Sehschärfe, er ist ja nicht an besseres Sehen gewöhnt, sondern der Umstand, dass er seit einiger Zeit nach kurzer Beschäftigung auch mit relativ groben Gegenständen ermüdet. Wir lassen Jaeger'sche Schrift Nr. 5 in der Entfernung von 12″ lesen, wir versuchen ein schwaches Convexglas von 30″ B. W. Es wird noch deutlich in derselben Entfernung gesehen. Stärkere Gläser sind unangenehm. Wir empfehlen

eine Brille $^1/_{30}$ mit der Aufforderung, sich nach 8tägigem Gebrauche derselben wieder vorzustellen. Das linke Auge, welches stärker amblyopisch und hypermetropisch, als das rechte ist, erhält ausserdem ein Glas $^1/_{12}$, um sich mit diesem täglich Vormittag und Nachmittag durch eine halbe Stunde an entsprechenden Druckschriften separat zu üben.

Zwei andere (weibliche) Individuen haben vor einiger Zeit wegen asthenopischer Beschwerden Hilfe gesucht und Sie können, meine Herren, jetzt aus ihrem Munde die Befriedigung über die denselben verordneten Brillen vernehmen. Marie Haisler ist 32 Jahre alt, hat seit einem Jahre asthenopische Beschwerden. Pupillen und vordere Kammer sind enger, als es dem Alter nach für emmetropische Augen entspräche, sonst nichts Auffallendes. Das rechte Auge zeigt $S\ ^{20}/_{50}$, es bietet $Hm\ ^1/_{20}$ dar, mit $^1/_{20}$ steigt S auf $^{20}/_{40}$. Das linke Auge hat $S\ ^{20}/_{30}$. $Hm\ ^1/_{30}$, mit $^1/_{30}$ ist $S\ ^{20}/_{30}$ nahezu. Für gröbere Handarbeiten entspricht eine Brille $^1/_{20}$.

Aloisia Knapp, 37 Jahre alt, hat rechts $S\ ^{20}/_{30}$, $Hm\ ^1/_{36}$, mit $^1/_{36}$ $S\ ^{20}/_{20}$ nahezu, links $S\ ^{20}/_{30}$, $Hm\ ^1/_{36}$, mit $^1/_{36}$ $S\ ^{20}/_{20}$ nahezu (beide Augen verhalten sich also vollkommen gleich). Mit $^1/_{20}$ wird Nr. 3 Jaeger, also mittelfeine Druckschrift, dauernd gelesen — ohne dass die asthenopischen Beschwerden, welche die Hypermetropin schon seit längerer Zeit empfand, sich wieder einstellen würden.

Schliessen wir mit folgendem seltenen Falle. Die 14jährige Marie Mairhofer ist seit einigen Wochen im Kloster untergebracht. Während sie bisher von ihren Augen zu Beschäftigungen in der Nähe nur sehr wenig Gebrauch gemacht zu haben scheint, geniesst sie jetzt täglich durch viele Stunden Unterricht in den Elementargegenständen, sowie in Handarbeiten. Sie bemerkt dabei, dass sie ungemein rasch ermüdet. Sie kann höchstens $^1/_4$ Stunde selbst mit Unterbrechungen arbeiten. Dass sie dabei auffallend schlecht sehe, haben ihre Lehrerinnen nicht bemerkt. In der That ist rechts ohne Glas $S\ ^{20}/_{30}$, Hm ungefähr $^1/_{20}$, mit $^1/_{20}$ ist die Sehschärfe die gleiche. Links ohne Glas $S\ ^{10}/_{200}$, die manifeste Hypermetropie wegen allzu schwankender Angaben nicht genau zu bestimmen, doch scheint $^1/_{12}$ das stärkste Convexglas zu sein, durch welches die auf $^{10}/_{70}$ gehobene Sehschärfe nicht verringert wird. Von den Jaeger'schen Proben wird noch Nr. 3 gelesen, aber die Schrift kann nur bis auf $9^1/_2''$ herangebracht werden; sowie man das Buch mehr annähern will, flieht das Mädchen mit dem Kopfe zurück, sagend, dass es so nichts mehr sähe. In der Dämmerung und bei künstlicher Beleuchtung wird das Sehen in der Nähe noch mehr erschwert, bei greller Tagesbeleuchtung geht es etwas besser.

Die manifeste Hypermetropie des rechten massgebenden Auges ist gering, auch muss die Hypermetropie für die Ferne als facultativ angesehen werden, da die Sehschärfe dieses Auges in die Ferne durch Convexgläser nicht steigt. Da nun auch bei grösster Accommodationsanstrengung nur in der Entfernung von $9^1/_2''$ und auch in dieser nur durch Zerstreuungskreise gesehen wird, indem ja bei genauer Accommodation und $^2/_3$ *S* noch Nr. 1 Jaeger in $9^1/_2''$ gelesen werden müsste, thatsächlich aber nur Nr. 3 gelesen wird — ich sage, wir müssen in Folge aller dieser Verhältnisse annehmen, dass entweder eine Accommodationsbeschränkung mit unterläuft, da der Nahepunkt jenseits $9^1/_2''$ gelegen ist, oder dass, trotzdem die manifeste Hypermetropie gering und trotzdem die Hypermetropie für die Ferne facultativ ist, dennoch ein sehr hoher Grad von Hypermetropie bestehe. Beim Betrachten der Augen fällt uns auf: enge Pupillen, enge vordere Kammer, Irides normal reagirend. Rechtes Auge scheint ein wenig zu divergiren, (Winkel γ ist rechts 9^0, links 6^0; wir werden die Bedeutung dieser Angaben später kennen lernen), ist jedoch richtig eingestellt. Aus dieser Inspection ist nicht viel zu entnehmen. Die Untersuchung mit dem Spiegel zeigt dagegen so hochgradige Hypermetropie, wie bei Aphakie ursprünglicher Emmetropen. Rechts bestimme ich $H\,{}^1/_4$, links $H\,{}^1/_{3^1/_2}$. Nach diesem Befunde müssen wir eine ausgezeichnete $\frac{1}{A}$ annehmen, in Anbetracht als *Hm* oc. dextri nur $^1/_{20}$ beträgt und *H* facultativa besteht. Die höhere Hypermetropie des amblyopischen nicht pathologisch astigmatischen linken Auges bewirkt, dass *H* dieses Auges relativ ist.

Der Fall ist interessant, weil hier höchstgradige Hypermetropie nicht unter dem Bilde von Myopie und Amblyopie auftritt, sondern durch höchstgradige Asthenopie sich kundgibt.

Gehen wir jetzt zur Brillenverschreibung über. Mit $^1/_{12}$ wird Nr. 3 bequem in 12—15″, Nr. 1 in 9″ gelesen. Mit stärkeren Gläsern wird die Leseweite für mittelfeine Druckschrift (Jaeger Nr. 3) verkürzt, daher Convex Nr. 12 als Brille gegeben und separate Uebung des linken Auges empfohlen wird. Ich kann hinzufügen, dass unsere Patientin seit einer Woche sich dieser Gläser bedient und dass die asthenopischen Erscheinungen für die Dauer ihrer Arbeitszeit völlig geschwunden sind.

Lassen wir den angeführten Beispielen jetzt die allgemeinen Regeln folgen. Donders gibt an, dass das passende Glas gewöhnlich stärker sei, als das die manifeste Hypermetropie corrigirende, dass dies bei jugendlichen Individuen seinen Grund darin habe, weil ein zu geringer Bruchtheil von *H* manifest ist, die Verringerung der

Accommodationsanstrengung also um den der *Hm* entsprechenden Werth zu geringfügig sein würde, als dass dadurch die Erscheinungen der Asthenopie verschwinden könnten; dass bei Solchen hingegen, welche 40 Jahre und darüber zählen, ein Plus zu dem Werthe der *Hm* hinzukommen muss, weil die Accommodationsbreite bereits merklich abgenommen hat, und es daher nunmehr auch nicht genügend ist, wenn man die manifeste Hypermetropie trotz ihres jetzt grösseren Werthes allein corrigirt. Dass diese Angaben auch für die angeführten Fälle ziemlich passen, kann leicht ersehen werden. Andererseits ist es klar, dass, da namentlich bei jugendlichen Individuen nur ein verhältnissmässig kleiner Bruchtheil der totalen Hypermetropie durch das für die Nähe gegebene Glas corrigirt wird, der binoculäre Nahepunkt der bewaffneten Augen noch immer beträchtlich weiter abliegt, als der binoculäre Nahepunkt emmetropischer Augen von Individuen gleichen Alters. Wollte man also den Asthenopen so starke Gläser geben, dass „der binoculäre Nahepunkt nur um weniges ferner gefunden wird", als bei emmetropischen Augen des gleichen Alters — ein Postulat, das Donders stellt — dann würden die Gläser durchgehends zu stark sein und nicht vertragen werden. Allerdings bieten Hypermetropen (und also auch mit Gläsern ausgerüstete), fast immer gewohnt, nahe Objecte mit Zerstreuungskreisen zu sehen, bei den gewöhnlichen Nahepunktsbestimmungen den Anschein, als würde dieser Punkt näher am Auge liegen, als dies wirklich der Fall ist.

Durch das Tragen der Gläser wird der Accommodationsmuskel seiner stärksten Anstrengungen entwöhnt und sowie in der Arbeitsweite vor dem Verordnen der ersten Gläser ein gewisser Theil manifester Hypermetropie besteht — eben der, welcher durch die Gläser corrigirt wird — (in dem Momente jedoch, wo die Correction stattfindet, das mit dem Glase zu Einem Instrumente gewordene Auge natürlich keine manifeste Hypermetropie hat), so wird während der Verwendung der Gläser allmälig wieder ein neuer Theil der Hypermetropie manifest werden und dies um so leichter, als ja auch mit den Jahren die Accommodationsbreite abnimmt. Es wird dann das seinerzeit nach richtigen Grundsätzen ausgewählte Glas zu schwach, es kündigt sich dieser Zustand durch die wenn auch nur zunächst als Mahnung wieder auftauchenden asthenopischen Beschwerden an. Den wirklichen Ausbruch der Asthenopie verhütet man durch die zweckentsprechende Verstärkung der Gläser, durch die Verordnung der stärksten Gläser, die im Momente in der Arbeitsweite vertragen werden. Es wird nach dem Gesagten und nach dem, was wir noch über Presbyopie hören werden,

einleuchten, dass ein Hypermetrop Zeit seines Lebens mit dem Wechsel der Gläser nicht zu Ende kommt, denn ungefähr zu jener Zeit, in welcher durch das fortgesetzte Tragen der Brillen bei der Arbeit und durch das vorrückende Alter so ziemlich die ganze Hypermetropie manifest geworden, beginnen jene Veränderungen im Innern des Auges, durch welche auch der Emmetrope genöthigt wird, beim Sehen in die Nähe zu Convexgläsern zu greifen und diese mit vorrückenden Jahren immer und immer zu verstärken — Veränderungen, von denen auch das hypermetropische Auge betroffen wird, der Art also, dass, sowie der Hypermetrop den Kampf mit seiner Hypermetropie ausgekämpft hat, die Presbyopie als ungebetener Gast sich meldet und ihre Rechte in Anspruch nimmt.

Wenn wir einem Hypermetropen Gläser für die Arbeit verordnen, so müssen wir denselben, (und handelt es sich um ein Kind, auch des Kindes Angehörige) darauf aufmerksam machen, dass, wenn die Gläser durch einige Zeit getragen worden, dann das Sehen ohne Brille eine auffallende Verschlechterung — im Vergleiche zu der Sehschärfe, welche die Augen vor dem Brillentragen hatten — erfahren wird. Wenn also ein Schneider, bevor er die Brille, die seine asthenopischen Beschwerden beseitigte, erhielt, noch die feinste Arbeit sah, also z. B. noch des Abends bei künstlicher Beleuchtung auf schwarzem Tuche nähen konnte, diese Brille durch zwei Monate trägt und dann gelegentlich rasch eine ähnliche feine Arbeit ohne Brille vollführen will, so bemerkt er, und zwar, wenn nicht früher darauf aufmerksam gemacht, zu seinem Schrecken, dass er die Arbeit überhaupt nicht mehr zu leisten vermöge. — Man hat einem Mädchen von 8 Jahren mit hochgradiger Hypermetropie eine Convexbrille gegeben. Nach einiger Zeit kommt die Mutter mit allen Zeichen des Entsetzens, dass das Kind, seit es die Brille trage, auffallend schlechter sehe. „Nicht einmal einen Faden kann es jetzt ohne Brille mehr durch ein Nadelöhr ziehen, was es doch früher ohne jeden Anstand vermochte".

Ich spreche aus Erfahrung. Die Erfahrung hat mich gelehrt, wie wichtig es ist, Hypermetropen von diesem Nachtheile der Brillen in genaue Kenntniss zu setzen, die Erfahrung hat mich auch gelehrt, dass bisweilen, trotz eindringlichster Belehrungen in dieser Beziehung die Laien sich nicht beruhigen können. „Lieber will ich", ruft die besorgte Mutter, wenn auch zuvor gehörig von dem in Rede stehenden Uebelstande in Kenntniss gesetzt, „dass mein Kind gar nichts in der Nähe arbeite, als dass es durch das Tragen der Brillen blind werde". Solche Aussprüche der Laien haben für mich immer ein ganz besonde-

res Interesse. Sie zeigen klar den Gedankengang der Augenärzte früherer Zeit, von denen gar Manche sehr wohl wussten, dass die asthenopischen Beschwerden häufig durch Convexgläser zum Schweigen zu bringen seien, aber auch in Erfahrung brachten, dass solche Individuen, wenn sie einige Zeit die Gläser trugen, ohne Gläser dann weniger sahen, wie früher. Da sie nun diese Verschlechterung des Sehens nach ihren Kenntnissen für das Zeichen sich entwickelnder wirklicher Amblyopie halten mussten, so wurde der Ausspruch, der auch jetzt noch einer bekümmerten Mutterbrust unter ähnlichen Verhältnissen entfahren kann, das Dogma ihrer Therapie: „Lieber soll der Betreffende sein Leben lang gar nichts in der Nähe arbeiten, als dass er etwa durch das Tragen von Brillen erblindet".

Interessant ist übrigens auch, dass es trotzdem nur wenige ältere Leute gibt, die an hypermetropischer Asthenopie leiden. Solche Individuen tragen schon seit 20 oder 30 Jahren ganz passende Convexgläser, die sie sich seit dieser Zeit auf eigene Faust bei Brillenhändlern aussuchen, nachdem sie zuvor (in der Regel an den Brillen ihrer presbyopischen Eltern) die Erfahrung gemacht, dass Convexgläser ihre Beschwerden zu lindern oder zu beseitigen vermögen.

Es fällt begreiflicherweise nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen nicht schwer, das Verhalten des Sehvermögens des unbewaffneten Auges nach längerem Brillentragen zu erklären. Durch das Tragen der Gläser verlernt der Hypermetrop bei einer bestimmten Convergenz so stark zu accommodiren, wie er es früher im Dienste des Deutlichsehens thun musste — und er soll und muss diese Fähigkeit verlernen, falls die Brille ihren Zweck, die asthenopischen Erscheinungen verschwinden zu machen, erfüllen soll. Wird nun, nachdem die Augen die Fähigkeit der übergrossen Accommodation für eine bestimmte Convergenz eingebüsst, die Brille entfernt, so wird nicht mehr ein deutliches Bild des Nahe-Objectes auf der Netzhaut entworfen, wie früher, oder es wird, wenn auch früher das Bild bereits trotz starker Accommodation hinter die Netzhaut fiel, also das Object nur durch Zerstreuungskreise gesehen wurde, das Bild jetzt noch weiter hinter die Netzhaut fallen, und wegen der Vergrösserung der Zerstreuungskreise das Object undeutlicher gesehen. Indem eben die Accommodation für eine bestimmte Convergenz abnimmt, nähern sich die hypermetropischen Augen in ihrem Verhalten den emmetropischen, nähert sich die relative Accommodationsbreite der hypermetropischen Augen jener der emmetropischen.

Der damit verbundene Uebelstand der geringeren Leistungfähigkeit der Augen, sowie sie ihrer gläsernen Unterstützung beraubt werden,

ist sicherlich ein Uebelstand. Aber man kann sich nicht helfen. Man hat nur die Wahl zwischen dem grossen Uebel der Asthenopie und dem dagegen verhältnissmässig kleinen, das eben geschildert wurde. Die Wahl kann da nicht zweifelhaft sein, man wird das letztere in Kauf nehmen, um das erstere los zu werden.

Wird man aber dieses erstere Uebel wirklich immer los? Ist die hypermetropische Asthenopie wirklich immer durch Convexgläser heilbar? Wohl gemerkt, wir fragen nicht, ob die Asthenopie immer heilbar sei, sondern nur ob es die evident auf Hypermetropie beruhende sei, jene Asthenopie, bei welcher wir Hypermetropie und kein anderes Leiden finden? Das muss ich leider für meinen Theil entschieden verneinen. Wächst mir die Zahl der Asthenopen im Allgemeinen, die ich nicht zu heilen vermag, über den Kopf, kenne ich bereits viel mehr Individuen, als mir lieb ist, mit normalem Sehvermögen und exquisiter Asthenopie, bei welchen alle Heilversuche der Asthenopie gänzlich scheiterten, deren Asthenopie also für mich dasselbe räthselhafte unheilbare Leiden ist, wie sie es den früheren, mit unseren gegenwärtigen physikalischen Kenntnissen unbekannten Augenärzten war — ein Gegenstand, von dem wir noch später handeln werden — ich sage, gibt es unheilbare Fälle von Asthenopie im Allgemeinen genug, so bilden die unheilbaren Fälle hypermetropischer Asthenopie darunter keinen verschwindenden Bruchtheil. Zunächst gibt es Individuen, welche an Asthenopie leiden, bei denen keine manifeste Hypermetropie nachzuweisen ist, bei denen selbst ein schwaches Convexglas, zur Arbeit für die Nähe bestimmt, die asthenopischen Beschwerden steigert, statt sie zu lindern, während ein irgendwie stärkeres Glas überhaupt gar nicht vertragen wird — Individuen, bei welchen der Augenspiegel trotzdem Hypermetropie nachweist. Das sind auch die Fälle, die Donders schon erwähnt, und bei denen er von Atropineinträuflungen Gebrauch macht.

Dann gibt es Fälle, bei welchen allerdings manifeste Hypermetropie da ist, richtig bestimmte Convexgläser auch vertragen werden, ohne aber die Asthenopie zu beheben. Die Kranken können jetzt allerdings länger arbeiten, als früher, aber ohne dass sie davon einen wesentlichen Gewinn hätten, ihre Augen können z. B. eine ganze Stunde statt einer halben oder eine halbe Stunde statt 10 Minuten ausdauern, dann ist es wieder für viele Stunden, oder für den ganzen Tag mit der Arbeit vorbei. Auch diese Fälle gibt Donders zu, er erwähnt kurz bei den Indicationen für die Mydriatica dieselben angezeigt, „wenn die richtig gewählten und richtig abgeänderten Gläser nicht

entsprechen". Bringt aber wirklich die vorübergehende Lähmung der Accommodation durch Atropin dauernd Hilfe? Ich habe es nicht allzuhäufig gefunden, ich habe das so wenig bestätigt gefunden, dass ich es mir jetzt überlege, ob ich solchen Kranken die Atropincur anrathen soll. Am besten ist es, beim Aussetzen der Atropinisirung schwache Convexgläser zum beständigen Tragen zu verordnen, damit bei Rückkehr des Accommodationsmuskels zur ungeschwächten Wirkung die Gläser die Rückkehr zum Spannungsexcess verhüten. Der Versuch mit stärkeren Gläsern ist nicht angezeigt, da der Muskel im besten Falle, wie die Erfahrung zeigt, nur sehr wenig in seiner Contraction nachlässt.

Bisweilen schafft die Bläuung der Convexgläser eine Erleichterung, verlängert die Arbeitsdauer etwas, ohne aber wirklich die asthenopischen Beschwerden zu beheben. Ich kenne solche Fälle genug und verfolge sie seit Jahren, in welchen junge Individuen thatsächlich unfähig sind, irgend etwas in der Nähe zu arbeiten, ja nur eine halbe Stunde lang zu lesen, bei denen evidente Hypermetropie da ist und der Augenspiegel ausser Hypermetropie nichts anderes, als geröthete Sehnerven, wie solche auch corrigirbare Asthenopen darbieten, zeigt, bei welchen es sich selbstverständlich nicht etwa gleichzeitig um musculäre Asthenopie handelt, die übersehen worden wäre. Es gereicht mir zum Troste, dass Einzelne dieser Individuen sich allerwärts Raths erholten, ohne Hilfe zu finden, dass also die Verantwortung für die Unheilbarkeit ihrer Asthenopie nicht auf mich allein fällt.

Von der Combination hypermetropischer Asthenopie mit anderen nicht accommodativen Formen werden wir noch später handeln, hier noch ein Wort über Combination der hypermetropischen mit anderen accommodativen Formen.

Ist zur Hypermetropie Abnahme der Energie des Accommodationsmuskels oder der Accommodationsbreite gesellt, dann erleidet die Therapie keine Aenderung. Von dem Princip ausgehend, die stärksten Convexgläser zu geben, welche in der Arbeitsweite vertragen werden, werden wir auch in diesen Fällen der Indication genügen. Ein einziges Mal sah ich Hypermetropie combinirt mit fehlerhafter Lage der relativen Accommodationsbreiten, bedingt durch solches Uebergewicht der Interni, dass in den mit Convexgläsern bewaffneten Augen hervorgerufene höhendistante Doppelbilder gleichzeitig gleichnamig waren und ein Prisma von 9 Graden mit der Kante nach innen nöthig wurde, um in der Leseweite die Lateraldistanz der Doppelbilder aufzuheben. In diesem Falle mussten also Convexgläser mit Prismen, welche die Kante

nach innen kehrten, combinirt werden. Aber auch dieser Fall — er betraf ein 19jähriges Mädchen — gehört trotz sorgfältigster Brillenwahl und aller erdenkbarer Gläserversuche zu den von mir nicht geheilten.

Achtzehnte Vorlesung.

Musculäre, retinale, neuralgische Asthenopie.

II. Musculäre Asthenopie.

v. Graefe, welcher diese Form der Asthenopie zuerst aufgedeckt und eingehend untersucht hat, macht über die Häufigkeit derselben eine merkwürdige Angabe. „Es möchte nicht übertrieben sein zu behaupten", sagt er an einer Stelle[1]), „dass von circa 100 Augenpatienten, die sich an mich wenden und von circa 10 Asthenopischen einer an musculärer Asthenopie leidet." Dieser Ausspruch ist in zwei Richtungen merkwürdig, erstens desshalb, weil in ihm implicite enthalten ist, dass Graefe unter 100 Augenkranken circa zehn Asthenopen sah und dann, weil er eben geradezu sagt, dass auf ungefähr 100 Augenkranke Ein Fall von musculärer Asthenopie kommt. Ich glaube, dass auch andere Ophthalmologen mit mir über diese ungeheure relative Häufigkeit der Asthenopie im Allgemeinen und der musculären insbesondere im Gräfe'schen Beobachtungsmateriale staunen werden.

Ist der im Jahre 1862 gemachte Ausspruch Graefe's auch noch für das Jahr 1866 giltig, in welchem Graefe bei Gelegenheit seiner „Bemerkungen über Cysticercus" das Beobachtungsmaterial von 13 Jahren auf circa 80.000 Kranke angibt, dann hat Graefe bis dahin nicht weniger als acht Tausend Asthenopen und unter diesen nicht weniger als acht Hundert an musculärer Asthenopie Leidende gesehen. Das will ich gar nicht in Betracht ziehen, dass Graefe, wie er im Jahre 1869 mittheilt, jährlich 120—150mal die Operation zur Beseitigung „der Insufficienz der inneren Augenmuskeln oder des dynamischen Auswärtsschielens" ausführte, denn ich nehme an, dass der grösste Theil dieser Operationen nicht wegen musculärer Asthenopie, von der wir jetzt allein sprechen, sondern als Heilmittel gegen progressive Myopie ausgeführt wurde.

In meinem vieljährigen Beobachtungsmateriale, das sich allerdings mit dem Graefe'schen nicht vergleichen kann, welches aber immerhin eine anständige Grösse repräsentirt, habe ich relativ unvergleichlich

[1]) Dessen Archiv VIII. 2. pag. 322.

weniger Asthenopen überhaupt und eine relativ ganz unvergleichlich geringere Anzahl musculärer Asthenopen insbesondere beobachtet. Auf Tausend Augenkranke kommt kaum Einer, der wegen musculärer Asthenopie Hilfe sucht.

Doch eilen wir zur Begriffbestimmung dieser Krankheit! Da wir den Ausdruck: Asthenopie gebrauchen, so versteht es sich von selbst, dass es sich um eine Symptomengruppe handeln muss, welche eben den Namen der Asthenopie verdient.

Wieder handelt es sich allgemein darum, dass Individuen, die beim Sehen in die Ferne keine Beschwerden empfinden und oft eine genügende Sehschärfe haben, ermüden, wenn sie sich durch längere oder kürzere Zeit in der Nähe beschäftigen. Der Eintritt der Ermüdung ist mit unangenehmen Empfindungen im Auge oder in der Umgebung desselben verknüpft. Im Momente der Ermüdung wird von aufmerksamen Beobachtern angegeben, dass die Zeilen anfangen durch einander zu laufen, und hierauf zu verschwimmen, im Gegensatze zu der Erscheinung bei accommodativer Asthenopie, indem bei letzterer das Aufgeben der Accommodation das Primäre und die daran sich schliessende Verringerung der Convergenz das Secundäre ist, während die Ursache der musculären Asthenopie in relativ zu geringer Leistungsfähigkeit der Musculi recti interni wurzelt, die nachlassende Contraction der Interni zunächst das Auftreten gekreuzter Doppelbilder, also das Durcheinanderlaufen der Objecte verschuldet und die Abnahme der Contraction des Accommodationsmuskels erst Folge der relativen Divergenz der Gesichtslinien ist. Man glaube aber ja nicht, dass diese Phänomene, die im Momente der Ermüdung auftreten, von den Kranken im Allgemeinen gehörig gewürdigt und daher den Untersucher zur Stellung einer Wahrscheinlichkeitsdiagnose befähigen würden. Man vergesse überhaupt nicht, dass die Erscheinungen der Asthenopie sowohl hinsichtlich der Arbeitsdauer, als der begleitenden weiteren Erscheinungen und der Ermüdungsphänomene einerseits bei der gleichen Form der Asthenopie, z. B. jener ex hypermetropia sich verschieden gestalten, andererseits in ganz gleicher Weise bei verschiedenen Formen der Asthenopie auftreten können, so dass aus den subjectiven Angaben der Kranken nicht zu entnehmen ist, ob accommodative, musculäre, retinale oder neuralgische Asthenopie, oder auch eine Combination mehrerer Formen zu Grunde liegt. Nur manchmal gibt der Kranke an, dass er deutlich fühle, wie im Momente des Eintritts der Ermüdung ein Auge sich nach aussen drehe. Dies deutet dann allerdings unmittelbar auf musculäre Asthenopie.

Musculäre Asthenopie tritt dann ein, wenn ein im Vergleiche zur Energie der Musculi recti interni zu grosser Bruchtheil ihrer Leistungsfähigkeit für die Dauer aufgewendet werden soll. Die musculäre Asthenopie ist also begründet in relativer oder absoluter Insufficienz der Interni, sowie die accommodative Asthenopie in relativer oder absoluter Insufficienz des Accommodationsmuskels ihre Ursache hat. Es kann also einerseits Herabsetzung der normalen Energie oder der normalen Leistungsfähigkeit der Interni zur musculären Asthenopie führen, sowie Herabsetzung der normalen Energie oder der normalen Leistungsfähigkeit des Tensor chorioideae accommodative Asthenopie bedingen kann. Andererseits kann die musculäre Asthenopie darauf beruhen, dass die Interni zwar normale Energie und Leistungsfähigkeit, ja sogar übergrosse Energie und Leistungsfähigkeit entfalten, aber trotzdem wegen der Grösse der Widerstände ihrer Aufgabe, eine bestimmte Gesichtslinienconvergenz dauernd zu erhalten, nicht gewachsen sind, wie ja auch trotz normaler oder übergrosser Energie und Leistungsfähigkeit des Accommodationsmuskels die Grösse der Widerstände (Hypermetropie) so häufig zur accommodativen Asthenopie führt.

Sowie, wenn man accommodative Asthenopie vermuthet, vor allem Insufficienz des Accommodationsmuskels nachgewiesen werden muss, ohne dass aber durch diesen Nachweis allein die in Rede stehende Asthenopie bereits als accommodative erwiesen wäre, weil unter Umständen eine bestimmte Insufficienz durch gehörige Energie des Accommodationsmuskels noch unschädlich gemacht werden kann: ebenso ist, damit für eine bestimmte Asthenopie die Möglichkeit, dass sie eine musculäre sei, bestehe, zunächst musculäre Insufficienz zu constatiren, ohne dass es sich aber dadurch schon von selbst verstände, dass die Insufficienz die Basis für die Asthenopie und daher die Asthenopie eine musculäre sei.

Für den Nachweis der Insufficienz der Musculi recti interni hat man nach v. Graefe folgende Anhaltspunkte. Man nähere bei etwas gesenkter Blickebene in der Medianlinie der letztern die Fingerspitze den Augen des Patienten und heisse ihn die Fingerspitze unverwandt fixiren. Unter normalen Verhältnissen wird noch auf 3, $2^3/_4$, ja $2^1/_2$ Zoll convergirt, natürlich nur vorübergehend, wie es ja dieser Versuch blos erheischt. Bei ausgesprochener Insufficienz kann es geschehen, dass, wenn man mit der Fingerspitze bis auf 7, 6, 5 oder $4^1/_2$" heranrückt, Ein Auge in der Fixation zu schwanken beginnt und entweder sofort nach aussen weicht, oder dies erst thut, nachdem es vergebliche Versuche gemacht, in kleinen zuckenden Bewegungen wieder

in die Fixationsstellung zu gelangen. Stellt sich die Ablenkung ein, dann ist der Versuch beweisend; bleibt sie aus, so beweist dieser Umstand nichts, es kann für den Moment genügend convergirt werden, trotzdem wesentliche Insufficienz besteht. Unter jeder Bedingung schreitet man zum zweiten Versuche. Man lässt den Finger bei gesenkter Blickebene in der Arbeitsweite fixiren und schiebt hierauf die zweite Hand vor ein Auge des Kranken. Bestand Spannungsexcess der Interni, so werden, da jetzt das binoculäre Sehen aufgehoben ist, die im Dienste des Binoculärsehens vorgenommenen Muskelanstrengungen unnöthig, das betreffende Auge weicht unter der deckenden Hand nach aussen. Diese Ablenkung direct unter der deckenden Hand zu beobachten, ist unbequem und häufig ist dieselbe auf diese Art auch gar nicht direct zu constatiren. Man kann allerdings auch ein noch ein wenig diaphanes Milchglas vor ein Auge schieben, wodurch auch der gemeinschaftliche Sehact aufgehoben, jedoch die wenn auch undeutliche Beobachtung der Aussenwendung des Auges nicht ausgeschlossen wird. Viel frappanter ist aber das Zurückkehren des Auges in die Fixation, so wie man die deckende Hand oder das Milchglas entfernt. Der Bogen, welchen das Auge beschreibt, um durch Drehung nach innen wieder in die binoculäre Fixation einzutreten, ist ja derselbe, um welchen es unter der deckenden Hand nach aussen gewichen. Sei es, dass wir diese Ablenkung, wie gewöhnlich bei Strabismus, im linearen Maasse angeben, sei es, dass wir den Ablenkungsbogen mit instrumentaler Hilfe genau in Graden ausdrücken (Hamer), in jedem Falle erhalten wir dadurch einen Ausdruck für das Uebermass der Spannung, einen Ausdruck für das Wesen der Anomalie. Es wird durch den Grad der Ablenkung unter der deckenden Hand der Grad des Strabismus divergens bestimmt, welcher in dem bestimmten Objectsabstand thatsächlich bestehen würde, wenn die Muskeln nur ihren Kraft- (dynamischen) Verhältnissen folgen könnten und nicht durch den Trieb der Augen zum Einfachsehen unwiderstehlich den thatsächlichen Kraftverhältnissen entgegen sich contrahiren müssten. Da ferner, wie leicht begreiflich, je nach der Grösse der Convergenz, also je nach dem Objectsstande, die an die Interni gestellte Forderung in ihrem Werthe schwankt, so begreift sich die Definition, welche v. Graefe von der Insufficienz der Musculi recti interni gibt. „Man kann", so heisst es, „die Insufficienz als ein nach den Objectsabständen variirendes dynamisches Auswärtsschielen definiren, welches durch den Drang nach Einfachsehen zur Zeit überwunden wird".

Die Ablenkung unter der deckenden Hand ist mit dem Ophthalmometer immer, das Zurückkehren des vorübergehend gedeckten Au-

ges in die Fixation auch meistens, wenn die Ablenkung nur nicht gar zu gering ist, unmittelbar wahrzunehmen. Könnte nun auch für die operative Correction des Leidens die Bestimmung des oft erwähnten Ablenkungswinkels genügen, so muss doch, damit eine Gläsercorrection leicht möglich sei, die Insufficienz und ihr Grad noch in anderer Weise constatirt werden. Es geschieht dies durch den von v. Graefe sogenannten „Gleichgewichtsversuch". Derselbe wurde factisch schon früher [1]) geschildert.

Die durch ein genau vertical brechendes Prisma von etwa 14° in der Arbeitsweite erzeugten höhendistanten Doppelbilder eines Punktes werden, wenn bei Insufficienz der Interni in Folge der Aufhebung des Einfachsehens unter dem vertical brechenden Prisma Strabismus divergens eintritt, gleichzeitig gekreuzte sein. Das Bild wird im abgelenkten Auge nach aussen von dem durch die Fovea centralis gehenden verticalen Meridiane entworfen. Die Wirkung eines vor das Auge gestellten Prismas mit der Basis gerade nach innen wird die sein, dass das Bild nach innen wandert und endlich bei einer bestimmten Stärke des Prismas genau in den verticalen Meridian geworfen wird. In diesem Momente werden die beiden Punkte gerade übereinanderstehend erscheinen. Dieses Gleichgewichts- oder Ruheprisma wird praktisch dadurch gewonnen, dass man vor das Eine Auge das vertical brechende Prisma stellt, indem man es, wenn es seine Form gestattet, in ein Brillengestell einfügt und sich vorerst durch den Versuch mit den eigenen voraussetzlich nicht an Muskelinsufficienz leidenden Augen überzeugt, dass das Prisma im Brillengestelle richtig stehe, und hierauf vor das zweite Auge Prismen mit der Basis nach innen, von schwächeren zu stärkeren übergehend, so lange schiebt, bis der Gleichgewichtswerth angezeigt ist, d. h. die Punkte gerade übereinanderstehen. Um den Wechsel der Prismen zu vermeiden, wurden Vorrichtungen construirt, bei welchen entweder Ein Prisma je nach der Stellung des brechenden Winkels eine verschiedene Wirkung äussert (R. Berlin) oder bei denen die Wirkung verschiedener Prismen dadurch erzeugt wird, dass zwei Prismen gegen einander gedreht werden können, so dass, wenn Basis auf Basis liegt, der Effect sich summirt, dagegen Null wird, wenn bei gleichem brechenden Winkel der Prismen Basis des einen auf Kante des andern fällt, und in den Zwischenstellungen alle Werthe von Null bis zur Summe hervortreten. (Berthold. Crétès). Im „Prisme mobile" von Crétès behält der brechende Win-

[1]) S. pag. 371.

kel für jede Combination stets die gleiche Lage. Das abwechselnde Vorsetzen und Wiederentfernen eines vertical brechenden Prismas vor Ein Auge ist übrigens das einfachste Mittel, um sich von dem Auswärtsfliehen und der wieder erfolgenden Rückkehr des Auges zu überzeugen, da ja das Prisma die Durchsicht nicht hindert.

Wir haben früher gesagt, dass wir zur Erklärung des Gleichgewichtsversuches die Sache vorläufig so darstellen wollen, als würden nach Aufhebung des Einfachsehens wirklich die Muskeln nur ihren Kraftverhältnissen folgen und als würde dabei ein den letzteren entsprechender Ruhestand eintreten. Das ist nun aber nicht blos nicht allgemein richtig, sondern trifft vielleicht, wie ich entgegen der neuerlichen Vertheidigung des Gleichgewichtsversuches durch Kugel hervorheben will, nicht einmal in der Mehrzahl der Fälle zu. Selbst wenn man den Gleichgewichtsversuch in der beschriebenen günstigsten Weise nämlich nur mit Einem Punkte bei einer grösseren Anzahl von Individuen, also nicht blos bei denjenigen, welche direct wegen musculärer Asthenopie Hilfe suchen — (deren Zahl ist ja nach meinen Erfahrungen eine sehr geringe) — anstellt, so ergibt sich, dass sowohl musculäre Asthenopen als auch Nicht-Asthenopen sehr häufig unter dem vertical brechenden Prisma beim Beginne des Versuches mit ihren Blicklinien hin- und herirren und dass es da zunächst ausserordentlich schwer werden kann, sich davon zu überzeugen, ob überhaupt Insufficienz besteht und noch schwerer, welches das die Insufficienz corrigirende Prisma ist, vorausgesetzt, dass die Insufficienz sich überhaupt dadurch manifestirt, dass wenn auch die Doppelbilder in ihrem lateralen Abstande schwanken, sie doch immer gekreuzte sind. In gar manchen Fällen kommen die Augen erst, wenn man die Versuche einige Zeit fortsetzt, zur Ruhe, und es wird dann endlich constant ein bestimmtes Prisma angegeben, welches die Lateraldistanzen ausgleicht. Ich erwähne dies im Gegensatze zu v. Graefe, welcher zu dem Resultate gelangte, dass es förderlich sei, den ganzen Versuch rasch anzustellen. In anderen Fällen wird es jedoch wegen der schwankenden Angaben der Untersuchten in der That nicht möglich, das Ruheprisma genau zu bestimmen. Myopen vor Allen, selbst wenn die Myopie nur gering, etwa $^1/_{18}$ ist, divergiren gerne bis zum Parallelismus der Gesichtslinien, sobald höhendistante Doppelbilder erzeugt werden, da das im Fernpunkt gehaltene Object und auch sein Doppelbild gleich deutlich bleibt, ob die Augen mehr oder weniger convergiren. Wenn man, wie Schweigger räth, solche Myopen mit den corrigirenden Concavgläsern ausrüstet, so werden sie jetzt allerdings, wenn man höhendistante Doppelbilder

erzeugt, nicht mehr, falls sie der Punkt zum Deutlichsehen antreibt, zu ihrem Vergnügen divergiren können, weil damit das Object undeutlich würde. Aber die so auftretende Convergenz ist eine unnatürliche und wir erfahren nichts über die Muskelzustände der factisch ohne Gläser (oder mit schwachen den Fernpunkt nur bis zur Arbeitsweite hinausrückenden Gläsern) arbeitenden Augen. Es können bei diesem ungewohnten Versuche die Bilder gerade übereinander stehen, ja sogar gleichnamig sein, indem die Musculi recti interni während der Versuchsdauer eine ganz ungewohnte Anstrengung unter ganz ungewohnten Verhältnissen ausführen — und doch kann für die gleiche Entfernung, in welcher der Versuch angestellt wird, hochgradige Insufficienz bestehen, ohne dass wir aber im Stande wären, den Werth dieser Insufficienz anzugeben, indem die unbewaffneten (oder schwach bewaffneten) Augen an den Doppelbildern gleichsam Gefallen findend, um so mehr divergiren, je stärkere Prismengläser mit der Basis nach innen vorgehalten werden.

Uebrigens ist auch für Emmetropen der Versuchspunkt kein Object von solcher Prägnanz, dass, wenn einmal unter dem vertical brechenden Prisma Divergenz und damit ein Nachlassen der Accommodation eintritt, das Bestreben, die Doppelbilder möglichst deutlich zu sehen, in dem Objecte selbst bei allen Individuen eine hinlängliche Unterstützung finden würde. Es ist desshalb besser, einen kleinen Buchstaben auf ein weisses Blatt Papier zu zeichnen. Man könnte einwenden, dass das Bestreben, den Buchstaben möglichst deutlich zu sehen, die Augen nun wieder, trotzdem der gemeinschaftliche Sehact aufgehoben ist, zur Contraction der Interni anspornt. Kann sein! Es geht eben aus Allem hervor, dass dem Gleichgewichtsversuche nicht zu trauen ist. Auch andere Ausdrucksweisen für insufficiente Convergenz geben uns nicht das, was wir allein brauchen können — nämlich den Werth des Ruheprismas. Zum Glücke ist die genaue Ermittlung desselben für die Therapie gar nicht nothwendig.

Haben wir durch Annäherung des Objects in der Medianlinie der Blickebene, durch die Untersuchung der Ablenkung Eines Auges unter der deckenden Hand und durch den Gleichgewichtsversuch uns einen Einblick in den Spannungszustand der Musculi recti interni zu verschaffen versucht, so ist zur richtigen Beurtheilung der Sachlage noch ein vierter Versuch nothwendig — nämlich die Prüfung der sogenannten Fernabduction. Blickt man mit quasi parallelen Gesichtslinien nach einem z. B. 20′ entfernten Objecte, etwa nach dem grossen A oder E der Snellen'schen Proben oder einer Kerzenflamme und hält man vor

ein Auge ein Prisma von 10° mit der Basis nach innen, so erhält man bei normalem Muskelapparate gleichnamige Doppelbilder. Das nach innen von der Fovea centralis entworfene Bild könnte nur dadurch wieder auf die Fovea gebracht werden, dass unter dem Prisma in gewissem Maasse nach aussen geschielt würde, die Gesichtslinien zur thatsächlichen Divergenz eines gewissen Grades gebracht würden. Bei normalem Muskelapparate beträgt aber die im Dienste des Einfachsehens ausführbare Divergenz nach Mannhardt nur so viel, dass ein Prisma von 5° mit der Basis nach innen, von Seite eines jeden einzelnen Auges also ein solches Prisma von $2^1/_2{}^0$ überwunden, das Fernabductionsvermögen Eines Auges also durch ein Prisma von $2^1/_2{}^0$ Basis nach innen, ausgedrückt werden kann. Abnormes Uebergewicht der Externi, das begreiflicher Weise zur Insufficienz normaler überstarker Interni führen kann, wird sich, wie leicht verständlich, durch abnorm grosses Fernabductionsvermögen der Augen kundgeben. Für jedes einzelne Auge kann dasselbe auf Prismen von 6, 9, 10 Graden steigen, so dass also vor ein Auge gesetzte Prismen von 16—20° durch Auswärtsschielen noch überwunden werden. Bei Constatirung von Insufficienz der Interni in der Arbeitsweite müssen demnach immer noch, als Schlussstein der Untersuchung, die Kraftverhältnisse der Externi durch die Ermittlung des Fernabductionsvermögens geprüft werden.

Haben wir Insufficienz der Interni nachgewiesen, so ist damit noch lange nicht bewiesen, dass dieselbe musculäre Asthenopie bedinge. Betrachten wir die letztere, die musculäre Asthenopie, etwas genauer. So wie wir die allgemeine Regel für das Auftreten der musculären Asthenopie ganz analog dem für das Erscheinen der accommodativen Asthenopie giltigen Gesetze formulirt haben, ebenso lassen sich die zur musculären Asthenopie führenden ätiologischen Momente in ähnlicher Weise auffassen, wie wir es für die accommodative Asthenopie gethan.

Der ersten Form der accommodativen Asthenopie analog ist die musculäre Asthenopie in Folge von Herabsetzung der Energie der Musculi recti interni. Sie tritt in analoger Weise wie die erstere auf (und ist auch häufig mit ihr combinirt) nach länger währenden oder erschöpfenden Krankheiten einerseits, nach Ueberanstrengung der Augen, besonders durch lange nächtliche Arbeiten bei ungenügender Beleuchtung und dadurch nöthig gewordenen stärkeren Convergenzstellungen andererseits.

Der zweiten Form der accommodativen Asthenopie, jener, welche in wirklicher Parese des Accommodationsmuskels begründet ist, möchte

ich eine ganz entsprechende Form musculärer Asthenopie zur Seite setzen. Sie kommt vor bei geringfügiger wirklicher Parese beider Interni oder auch Eines Internus. Die Parese Eines Internus gibt sich dadurch kund, dass bei associirten Bewegungen der Augen nach der Seite des gesunden Auges in der Grenzstellung gekreuzte Doppelbilder hervortreten. Bei beiderseitiger geringer Internus-Parese treten die gekreuzten Doppelbilder natürlich in der rechts- und linksseitigen Grenzstellung der Augen auf. Die einfache Insufficienz *κατ' ἐξοχήν* führt nicht zu Doppelbildern. Ich rede da nicht etwa von schwerbeweglichen, stark verlängerten, myopischen Augen, sondern von bis dahin normalen Augen, die über asthenopische Beschwerden klagen, in der Arbeitsweite Muskelinsufficienz zeigen, wobei ein Auge vorwaltend (einseitige Parese) oder jedes der Augen ziemlich gleichmässig (beiderseitige Parese) afficirt erscheint. Diese seltenen Fälle haben zumeist nur wissenschaftliches Interesse, denn es löst sich das dynamische Auswärtsschielen, das, so lange die Parese nicht einen gewissen Grad überschritt, im Dienste des Einfachsehens überwunden wurde, durch Zunahme der Parese in wirkliches paretisches Auswärtsschielen auf. — Damit sind die asthenopischen Beschwerden geschwunden und jene des Doppelsehens an ihre Stelle getreten.

Auch die dritte Form accommodativer Asthenopie, die ihren Grund in abnormen Muskel-Zuständen hat, findet ein gutes Analogon in der musculären Asthenopie, deren Basis, so zu sagen, auf abnormen Accommodationsverhältnissen ruht. Hierher kann die musculäre Asthenopie, die bei Myopie auftritt, gehören. Sie kann einfach darin begründet sein, dass die Augen sich nicht für einen ferneren Punkt accommodiren können. Besteht z. B. $M\,^1/_7$, so kann es geschehen, dass die Muskeln, sonst normal, nur deshalb derartig insufficient sind, dass musculäre Asthenopie sich zeigt, weil sie eine Convergenz für 7 oder $6^1/_2$ Zoll dauernd nicht zu leisten vermögen. Und so wie bei jener Form accommodativer Asthenopie die accommodativen Beschwerden schwinden, wenn man die Muskelcontraction (durch prismatische Gläser) entsprechend ändert, so werden bei unserer Form musculärer Asthenopie die musculären Beschwerden getilgt sein, so wie wir gleichsam die Accommodation für eine grössere Entfernung (durch Concavgläser) ermöglichen.

Der vierten Form der accommodativen Asthenopie endlich, der Asthenopie ex Hypermetropia entspricht vollkommen die musculäre Asthenopie, welche die Folge von angeborenem Uebergewicht der Musculi recti externi ist. So wie bei der hypermetropischen Asthenopie der Accommodationsmuskel normal-, ja über-stark sein, aber dennoch

wegen eines bestimmten Höhengrades der Hypermetropie die gesetzten Widerstände dauernd nicht überwinden kann, ebenso werden bei Hypersthenie der Musculi recti externi normale, selbst überstarke Interni insufficient werden, wenn die zu überwindenden Widerstände ein gewisses Maass überschreiten. Diese Form der musculären Asthenopie ist die häufigste, so wie ja das Gleiche für die analoge Form der accommodativen Asthenopie gilt.

So wie einzelne Formen der accommodativen Asthenopie concurriren können, ebenso die der musculären. Angeborenes Uebergewicht der Externi kann sich mit Myopie combiniren, letztere möglicher Weise auch in einem ätiologischen Zusammenhange mit ersterem Zustande stehen.

Dass eine nachgewiesene Muskelinsufficienz Ursache asthenopischer Klagen, die Asthenopie also eine musculäre ist, wird dadurch bewiesen, dass, wenn wir die Augen mit bestimmten Prismen (Basis nach innen) bewaffnen, oder wenn wir Ein Auge vom Sehacte ausschliessen — ich sage, dass dann die asthenopischen Beschwerden geschwunden sind, wie ja doch auch zum Nachweise accommodativer Asthenopie im Allgemeinen nicht der Nachweis einer accommodative Asthenopie möglicher Weise verschuldenden Grundursache genügt, sondern auch der Nachweis erbracht sein muss, dass das entsprechende Correctiv, im Allgemeinen also eine Convexbrille die Ermüdungserscheinungen beseitigt. Schafft die Convexbrille, resp. die prismatische Brille keine Hilfe, dann ist die Asthenopie entweder überhaupt keine accommodative, resp. musculäre, oder es handelt sich um anderweitige Complicationen.

Wenn wir zur Therapie der musculären Asthenopie schreiten, so fragt sich: Kann diese vollständig heilen? Es gilt hier Aehnliches wie bei den entsprechenden Formen der accommodativen. Es kann begreiflicher Weise die auf Energielähmung beruhende musculäre Asthenopie heilen. Gönnt man den erschöpften Muskeln Ruhe, kräftigt man den Körper überhaupt, dann wird sich die gesunkene Energie der Musculi recti interni wieder heben und die Beschwerden werden schwinden. Es kann dabei eine Insufficienz, durch andere Ursachen gegeben, fortbestehen bleiben, aber sie führt bei genügender Energie der Interni nicht zur Asthenopie. Will sich der Asthenope während des Schwächezustandes seiner Interni mit Nahearbeit beschäftigen, so muss er eine Ruhebrille, die unter den gegebenen Verhältnissen natürlich eine prismatische ist, erhalten. Mit der Kraftzunahme der Interni kann man die Prismen allmälig abschwächen und endlich ganz bei Seite lassen. Aber so wenig als eine durch Energielähmung des Accommodationsmuskels herbeigeführte accommodative Asthenopie durch das Tragen von Con-

vexbrillen geheilt wird, sondern während des Tragens der Convexgläse heilt, ebenso ist es nicht eine methodische Stärkung der Interni, di durch Uebergang von stärkeren zu schwächeren Prismengläsern erzie wird, sondern die zur Norm rückkehrende Actionsfähigkeit der Muskel ist es, welche eine allmälige Abschwächung und endlich gänzliche Entfernung der genannten Brillen gestattet.

Die musculäre Asthenopie, gelegentlich bei beginnender Pares des Internus vorkommend, ist wohl (wegen ihres Ueberganges in Pares höheren Grades) als solche kaum Gegenstand der Therapie. Wär sie es doch einmal, dann würden unter diesen Verhältnissen genau di bei Energieherabsetzung geltenden Regeln in ihr Recht treten.

Wir kommen zur musculären Asthenopie in Folge von Myopie Es ist sehr verführerisch, anzunehmen, dass Myopie gewissen Grades zur musculären Ermüdung führt. Wir gaben früher als Beispiel $M^1/_7$. Geringere Myopie wird, wenn nicht gleichzeitig abnormes Uebergewicht der Externi besteht, wohl kaum als solche zur Muskelermüdung führen.

Eine Convergenz für 8″ und eine geringere werden normal energische Interni, selbst wenn in der Arbeitsweite geringe Insufficienz besteht, für gewöhnliche Arbeitsdauer ohne zu ermüden leisten können. Bei einem gewissen Grade der Myopie aber — das liegt auf der Hand — wird die Insufficienz für die Arbeitsweite der unbewaffneten Augen so gross werden, dass besonders, wenn noch dazu Hypersthenie der Externi existirt, eine dauernde Ueberwindung der Widerstände durch die Recti interni, selbst wenn diese eine sehr gehörige Energie entwickeln, häufig nicht möglich sein wird. Es scheint also sehr naheliegend, zu glauben, dass höhergradige Myopen häufig an musculärer Asthenopie leiden. Und doch ist dies nur ungemein selten der Fall. Ich kann mir in dieser Angelegenheit ein Wort mitzusprechen erlauben, denn die Zahl der von mir beobachteten Myopen ist keine geringe. Ich weiss mich aber — und das will viel sagen — keines einzigen Falles zu erinnern, in welchem die Beschwerden eines Myopen hohen Grades auf musculäre Asthenopie zurückzuführen gewesen wären. Ueber alles Mögliche und nicht Mögliche habe ich hochgradige Myopen klagen gehört, nur nicht über musculäre Asthenopie. Die Sache erklärt sich ganz einfach. Derartige Myopen theilen sich nämlich in zwei Gruppen. In der einen Gruppe stehen Jene, welche noch in Abständen von 6, 5 und 4 Zoll mit beiden Augen und anstandslos arbeiten. Bei diesen besteht kein Uebergewicht der Externi, im Gegentheile, die Interni sind sicherlich trefflich entwickelt und haben treffliche Energie,

wenn sie solche Convergenzen für die Dauer aufzubringen vermögen. Freilich entsprechen manchmal so starke und noch stärkere Convergenzen einem verhältnissmässig geringeren Kraftaufwande, weil hochgradige Myopen vorkommen, deren Grundlinie ungewöhnlich kurz ist, so zwar, dass bei erwachsenen Individuen der Art der Abstand der Pupillenmitten weniger als 2 W. Z. (= 53 Millimeter)! betragen kann. Wenn aber ein hochgradiger Myope die nöthige Convergenz nicht anstandslos zu leisten fähig ist, wenn er an hochgradiger Insufficienz leidet, so verfällt er doch nicht der Asthenopie. Es kommt ihm nicht in den Sinn, eine Convergenz zu forciren, die für ihn mit den grössten Unbequemlichkeiten verbunden wäre, da er ohne jede Convergenz deutlich sehen kann.

Er sieht nämlich in der Nähe nur mit Einem Auge. Das andere kneift er entweder unwillkürlich zu oder er lässt es geöffnet, ohne dass es ihn genirt. Selbst wenn der Fernpunkt noch 5" absteht, kann ein Auge einfach dadurch vom Sehact ausgeschlossen werden, dass man das Object nach der Seite des zum Sehen verwendeten Auges bringt oder wie es solche Myopen gewöhnlich thun, dadurch dass der Kopf nach der Seite des auszuschliessenden Auges gedreht wird. Dadurch wird das betreffende Auge direct vom Sehacte ausgeschlossen, indem die Nase die vom Arbeitsobjecte kommenden Strahlen abschneidet. Der Myop hat es also unter solchen Umständen gar nicht nöthig, das auf dem ausgeschlossenen Auge entstehende Bild zu unterdrücken oder zum Zwecke der Unterdrückung dieses Bildes auswärts zu schielen, weil ja gar kein Bild in dem betreffenden Auge entsteht. Wenn also das excludirte Auge unter solchen Verhältnissen dennoch schielt, so muss das andere Gründe haben. Uebrigens will ich nicht läugnen, dass bisweilen bei höhergradiger Myopie wirklich Erscheinungen musculärer Asthenopie auftreten, oder dass das Auswärtsschielen im Dienste des Sehactes eingeleitet wird — aber das muss nach meinen Erfahrungen in jedem Falle die Ausnahme von der Regel sein.

Das beste Mittel, um bei Myopen höheren Grades (bis $M\,1/5$), wenn dieselben noch beiläufig über halbe Sehschärfe verfügen, das einäugige Sehen in ein binoculäres zu verwandeln, resp. die asthenopischen Erscheinungen schwinden zu machen, ist einfach die Hinausrückung des Fernpunktes mit Hilfe von Concavgläsern. Unter 100 Myopen der Art werden wenigstens 90 binoculär und ohne jedwede asthenopische Beschwerde in der Entfernung von 10—12—14 Zoll arbeiten. Die störende Insufficienz der Interni besteht eben nur für Entfernungen von 5, 6, 7 Zoll, aber nicht für Abstände von 10, 12, 14 Zoll. In diesen

Distanzen ist die Insufficienz entweder Null oder sie wird wegen gehöriger Energie der Interni ohne Anstand überwunden. Von den zehn Procent, die uns von unseren Myopen höchstens noch übrig bleiben, muss zugegeben werden, dass Concavgläser den gewünschten Erfolg nicht erzielen.

Ein Theil dieser Myopen leidet an bedeutendem Uebergewicht der Externi, welches auch in der neuen Leseweite noch sehr beträchtlich ist, und das sind jene Myopen, welche, so lange sie kein Brillen trugen, von asthenopischen Beschwerden (wegen Ausschliessung Eines Auges) frei waren und die durch das Tragen der Concavgläser der Asthenopie anheim gegeben werden können. Auf 10—14" Entfernung kann man durch leichte Drehung des Kopfes die Nase nicht zur Excludirung Eines Auges verwenden. Es zeigen sich entweder asthenopische Erscheinungen oder der unfreiwillige Brillenträger kneift Ein Auge zu, um den auftauchenden Beschwerden zu entgehen. Die Brille bereitet dann nur evidente Nachtheile. Denn es ist klar, dass auch das Zudrücken des Einen Auges unter solchen Umständen positive Nachtheile bringt. Der Kranke ist genöthigt mit kleineren Netzhautbildern zu sehen, als mit freiem Auge. Er sucht die Bilder zu vergrössern, nähert desshalb das Object und accommodirt unter der Brille. Also Verringerung der Sehschärfe, unnöthige Accommodation, Zudrücken Eines Auges wären die Folgen der Verordnung von einfachen Concavbrillen in solchen Fällen. Es ist übrigens nicht zu fürchten, dass Jemand positiv durch das Verordnen einer solchen Brille Schaden litte. Jemand, der mit freiem Auge ohne Beschwerde und ohne Zudrücken eines Auges die feinsten Arbeiten auszuführen vermag, würde, falls ihm das Tragen einer die genannten Beschwerden heraufbeschwörenden Brille anbefohlen würde, diesem Befehle nicht Folge leisten, sondern die Brille zum Orcus befördern.

Ein anderer Theil der in Frage stehenden 10 Procent verwirft die Brillen, wenn diese an und für sich auch angezeigt wären, aus dem Grunde, weil die Gläser von den Augen nicht vertragen werden. Das trifft sich namentlich bei Myopen, die niemals Brillen trugen, also vorzugsweise bei weiblichen. Die durch die Concavgläser entworfenen Bilder sind den Augen etwas so Ungewohntes und es werden wahrscheinlich die Ciliarnerven auf reflectorischem Wege von diesen Netzhautbildern so unangenehm berührt, dass sie ihr Veto gegen die Gläser einlegen. Auch durch den Versuch der Angewöhnung wird unter diesen Verhältnissen häufig nichts erreicht, und trotzdem also durch die Gläser weder Asthenopie hervorgerufen wird, noch bei der genügenden Sehschärfe allzu kleine Netzhautbilder entstehen, kann man das Binocularsehen durch Concavgläser nicht herstellen.

Besteht $M\,^1/_4$ und darüber, so steht der Hinausrückung des Fernpunktes durch einfache Concavgläser auch nichts im Wege, falls man Binocularsehen erzielen will (von asthenopischen Beschwerden ist bei diesen Graden der Myopie wohl kaum je die Rede), wenn nur für Abstände von 12—14 Zoll nicht noch bedeutendes Uebergewicht der Externi sich kundgibt und wenn — das ist des Pudels Kern — die Sehschärfe noch hinreichend gross, d. i. noch wenigstens die Hälfte des normalen Minimums ist. Aber eben diese letztere Prämisse ist selten gegeben. Freilich kommen noch, wie wir sahen, so hochgradige Myopen mit normaler Sehschärfe vor — aber die Regel ist in diesen Fällen eine bedeutende Herabsetzung von S, eine Herabsetzung auf $^1/_4$ und weit darunter ist nicht gar selten. Es ist begreiflich, dass die von 10—14″ entfernten Objecten entworfenen, durch die nöthigen Concavgläser verkleinerten Netzhautbilder zu klein sind, um die betreffenden Objecte erkennen zu lassen, wobei wir selbstverständlich nicht die Anforderung stellen, dass all' die myopischen Augen, von denen wir jetzt sprechen, in der neuen Sehweite ausnehmend feine Arbeiten vollführen, sondern nur den gewöhnlichen Anforderungen des Lesens und Schreibens und gröberer Handarbeiten genügen sollen.

Es braucht kaum hinzugefügt zu werden, dass ungewöhnliche Herabsetzung der Sehschärfe auch bei den Myopen der ersten Kategorie (bis $M\,^1/_3$) das Hinausrücken der Arbeitsweite in die oft genannte Distanz unmöglich macht, aber ich habe eben diese beiden Kategorien von Myopie unterschieden, weil bei der ersten Kategorie die Bedingung der genügenden Sehschärfe der gewöhnliche, bei den höchstgradigen Myopen der ungewöhnliche Fall ist. Natürlich gibt es da keine haarscharfe Grenze im Grade der Myopie, es wäre aber auch Haarspalterei, wollte man die Aufstellung einer solchen Grenze verlangen. Inwieweit bei derartigen Myopen, bei denen Concavgläser zum Hinausrücken des Fernpunktes nicht verwendet werden können, etwa andere Massnahmen Platz zu greifen haben, werden wir hören.

Die vierte Form musculärer Asthenopie beruht auf abnormem Uebergewicht der Externi. Dasselbe kann bei normalem Muskelquerschnitt des Internus und Externus herbeigeführt werden durch abnorme Länge der Grundlinie, also abnorm grossen Abstand der Drehpunkte der Augen, durch abnorme Convergenz der Orbitalaxen nach rückwärts, durch ungewöhnliche Kleinheit oder negativen Werth des Winkels zwischen Gesichtslinie und Hornhautmitte (Mannhardt). Je grösser der Abstand der beiden Augendrehpunkte von einander ist, desto entfernter liegt, wie leicht einzusehen, bei gleicher Contrac-

tiongrösse der Interni der Convergenzpunkt, desto stärker müssen sich also die Interni contrahiren, um die Blicklinien auf einen bestimmten Convergenzpunkt einzustellen, bei einer bestimmten Nähe des Convergenzpunktes wird Insufficienz der Interni eintreten, welche für diesen Abstand noch nicht eintreten würde, wenn die Grundlinie kürzer wäre.

Das zweite Moment, welches Mannhardt anführt, ist die anatomische Anordnung der Ursprungsstelle des Rectus internus und externus. Der Internus kann von seinem Ursprung am Foramen opticum gerade nach vorn verlaufen, um zu seiner Insertion zu gelangen, ist desshalb der kürzeste der geraden Augenmuskeln. Der Externus muss um von dem relativ nach innen gelegenen Sehloche zu seinem Ansatzpunkte zu kommen, einen nach vorn etwas concaven Bogen machen, er ist der längste der geraden Augenmuskeln und umfasst eine kurze Strecke weit vor seinem Insertionspunkte bogenförmig die Sclerotica. Aendern wir in der anatomischen Anordnung der Muskeln nichts, und lassen wir nur das Sehloch nach innen, also gegen die sagittale Medianlinie des Schädels wandern, dann ist klar, dass sich der Ursprungspunkt des Externus von seinem Ansatzpunkt entfernt und dass, wenn nicht durch den Internus eine compensirende Drehung des Auges vorgenommen wird, die Ruhestellung der Augen mit Divergenz der Gesichtslinien verbunden sein wird, wenn vor der imaginirten Verrückung der Foramina optica nach innen Parallelismus der Gesichtslinien bestand. Wenn also die Foramina optica näher als gewöhnlich der sagittalen Medianlinie liegen, d. i. wenn die Axen der Orbitae stärker als gewöhnlich nach hinten convergiren, kann ein Uebergewicht des Externus über den Internus geschaffen werden.

Wenn endlich der Winkel γ zwischen Gesichtslinie und Hornhautmitte bezüglich des Convergenzvermögens berücksichtigt wird, so ist einleuchtend, dass je weiter nach aussen von den Gesichtslinien die Hornhautmitten liegen, um so leichter Parallelstellung und Convergenz bestimmten Grades erzielt werden kann. Vergleiche ich zwei Augen, von denen eines einen Winkel $\gamma = + 10^0$, das andere $\gamma = 0^0$ oder etwa $- 5^0$ aufweist, so wird zur Einstellung der Gesichtslinie für jede bestimmte Convergenz caeteris paribus der Internus des letzteren Auges dasselbe um 10, resp. 15^0 weiter nach innen drehen müssen, als der Internus des ersteren. Häufen sich gar, wie solches nach Mannhardt bei Myopischen vorkommen soll, die drei genannten, die Convergenz erschwerenden Momente, dann wird um so leichter hochgradige Insufficienz der Interni sich ergeben, wiewohl absolutes Uebergewicht der Externi, das sich durch abnorm grosses Fernabductionsvermögen kennzeichnet, natürlich

nur durch abnorme Lage der Foramina optica zu Stande kommen könnte, grosse Grundlinie und kleiner Winkel γ wohl relatives, aber kein Fern-Uebergewicht der Externi erzeugen können.

Wahrscheinlich ist aber das durch grosse Fernabduction sich kundgebende Uebergewicht der Externi, da wo es rein (ohne hochgradige Myopie) als Ursache der Asthenopie vorkommt, darin begründet, dass der Muskelquerschnitt des Externus abnorm gross ist.

Uebrigens, wie dem auch sei, was auch die Ursache für das Uebergewicht der Externi bilde — auf das Convergenzvermögen hat dieses Uebergewicht folgenden Einfluss. Bei parallelen Gesichtslinien finden sich die Muskeln unter normalen Verhältnissen im Gleichgewichte ihrer Spannungen. Die schwachen Prismen mit der Basis nach innen, durch welche hierbei noch einfach gesehen wird, sind nicht, wie Mannhardt annimmt, der Ausdruck für das Gleichgewicht der Muskelspannungen, sondern sie sind vielmehr der Ausdruck für die unnatürliche Innervation der Externi im Dienste des Einfachsehens, wie ja auch schwache Prismen mit der Basis nach oben oder nach unten durch Aufwärts- oder Abwärtsschielen im Dienste dieses Einfachsehens überwunden werden.

Besteht Uebergewicht der Externi, dann entspricht Divergenz der Gesichtslinien der Ruhelage der Muskeln. Der Parallelismus der Gesichtslinien kann nur durch active Contraction der Interni herbeigeführt werden. Die Analogie der vierten Form der musculären Asthenopie mit der vierten Form der accommodativen ist eine vollkommene. Sowie der Hypermetrop jeden Grades schon beim Sehen in die unendliche Ferne einen Theil seiner Accommodation aufwenden muss, um seine Hypermetropie zu decken, daher im Vergleiche zum Emmetropen, sobald für endliche Entfernungen accommodirt wird, bereits mit einem Deficit beginnt, so zwar, dass bei einem bestimmten Grade von Hypermetropie auch der normal-energische, ja selbst ein überstarker Accommodationsmuskel die Accommodation des Auges für eine bestimmte Nähe nicht dauernd zu erhalten vermag und in Folge dessen accommodative Asthenopie eintritt: ebenso beginnt Derjenige, dessen Externi ein abnormes Uebergewicht über die Interni aufweisen, bei eintretender Convergenz der Gesichtslinien bereits mit einem Deficit, indem ein Theil der Muskelkraft der Interni verwendet werden musste, um den Parallelismus der Gesichtslinien zu erzeugen. Für jede Convergenzstellung muss zu jener Kraft, welche die Interni unter normalen Verhältnissen aufzubringen haben, auch jene Kraftanstrengung hinzutreten, welche die Gesichtslinien aus ihrer divergenten (Ruhe-)

Stellung in die parallele überführte. Bei einer bestimmten Grösse der Fernabduction werden die Interni trotz normaler Energie, ja selbst bei stärkerer Entwicklung die Convergenz für einen bestimmten Punkt nicht dauernd zu erhalten vermögen, es wird musculäre Asthenopie eintreten. Und so wie bei Hypermetropie, wenn dieselbe einen gewissen niedrigen Grad nicht überschreitet, bei gehöriger Energie des Accommodationsmuskels accommodative Asthenopie fehlt und erst gelegentlich eintritt, wenn die Energie des Tensor sinkt; sowie im Gegensatze bei einem bestimmten Höhengrade der Hypermetropie der Accommodationsmuskel überhaupt die dem Auge gleichsam fehlende Linse nicht zu ersetzen vermag, daher auch in die unendliche Ferne nicht mehr deutlich gesehen werden kann: ebenso wird bei geringem Uebergewicht der Externi und normaler Energie der Interni musculäre Asthenopie fehlen, aber sich merkbar machen können, wenn durch schwächende Einflüsse die Energie der Interni abgenommen hat; ebenso wird auch bei zu mächtigem Ueberwiegen der Externi nicht einmal mehr die Parallelstellung der Gesichtslinien erreicht werden können, d. h. es wird Strabismus divergens gegeben sein.

Noch wäre hervorzuheben das Verhältniss zwischen Accommodation und Convergenz, einerseits wenn Hypermetropie und normale Muskelverhältnisse obwalten und anderseits, wenn es sich um Uebergewicht der Externi und normalen Bau des Auges (Emmetropie) handelt. In ersterem Falle muss, wie wir wissen, bei jeder bestimmten Contraction der Interni ungewöhnlich stark accommodirt werden. In letzterem Falle muss offenbar das Entgegengesetzte gelten. Es muss für jede bestimmte Contraction der Interni ungewöhnlich schwach accommodirt werden, soll das Sehen im Convergenzpunkte deutlich sein. Müssen ja doch die Augen aus der durch das stärkste Abductionsprisma beiläufig angezeigten Ruhestellung durch Contraction der Interni zur Parallelstellung geführt werden, ohne dass dabei der Accommodationsmuskel sich contrahirt!

Sowie die auf Herabsetzung der Energie und die auf geringer Parese der Interni beruhende Asthenopie heilen wird, wenn die krankhaften Erscheinungen im Bereiche der Muskeln schwinden; sowie die einzig und allein durch zu grosse Nähe des Fernpunkts bedingte Asthenopie beseitigt sein wird, wenn wir durch Concavgläser den Fernpunkt soweit hinausrücken, dass normale Interni die nunmehr nothwendige Convergenz dauernd zu erhalten vermögen, ebenso wird die vierte Form der Asthenopie, wenn sie rein auftritt, d. h. ausschliesslich im Uebergewicht der Externi besteht, ohne dass gleichzeitig ab-

normer Bau (Langbau) des Auges gegeben ist, heilbar sein, wenn es gelingt, dieses Uebergewicht der Externi zu beseitigen. Die analoge Form accommodativer Asthenopie, die Asthenopie ex Hypermetropia ist nicht heilbar, weil die Hypermetropie wenigstens bis jetzt nicht heilbar ist, wir können die Hypermetropie nur durch Convexgläser unschädlich machen. Auch das Uebergewicht der Externi kann nicht von selbst schwinden, es kann aber gebrochen werden durch die Rücklagerung eines oder beider Externi.

Würde in einem bestimmten Falle z. B. ein vor jedes Auge mit der Basis nach innen gesetztes Prisma von 10° beim Blick in die Ferne noch überwunden, dann werden die Gesichtslinien der Augen in bestimmtem Grade divergiren. Diese Divergenz ist der Ausdruck für das Uebergewicht der Externi, wenn wir der Einfachheit wegen von den schwachen Prismen, welche unter normalen Verhältnissen dem Fernabductionsvermögen entsprechen, absehen. Lagere ich beide Externi um ein solches Maass zurück, dass die Augen gleichsam um so viel nach der entgegengesetzten Seite, nach der Seite der Interni, hinüber fallen, dass der unter den stärksten Fern-Abductionsprismen auftretende Strabismus divergens gerade verschwunden ist, dann ist natürlich von einem Uebergewicht der Externi keine Rede mehr. Die Gesichtslinien können dann eben noch parallel, aber nicht mehr divergent gestellt werden. Die Augen können dann beim Blick in die Ferne überhaupt kein Prisma mit der Basis nach innen mehr überwinden, die Externi blicken also mit um so grösserer Trauer auf ihre frühere Herrlichkeit, als sie unter solchen Umständen nicht einmal das mehr zu leisten vermögen, was normale Externi zu leisten im Stande sind, nämlich ganz schwache abducirende Prismen zu bewältigen.

Es kann nicht in dem Plane dieser Vorlesungen, welche von den optischen Fehlern des Auges handeln, liegen, genau zu erörtern, in welcher Weise durch ein bestimmtes Operationsverfahren und durch eine bestimmte Nachbehandlung eine bestimmte Fernabduction getilgt wird. Ich will also nach v. Graefe[1]) nur Folgendes erwähnen. Die geringste Fernabduction, welche im Allgemeinen durch Operation angegriffen werden kann, ist eine solche von 8°, die grösste, welche eine einseitige Operation noch zu beseitigen im Stande ist, kann 18° überschreiten. Die einfache Tenotomie (sorgfältige Ablösung der Sehne des Externus hart an der Sclerotica mit möglichst geringer Verletzung des

[1]) Zehender's Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde 1869, pag. 261.

umgebenden Bindegewebes) genügt eben bei einem Grenzprisma von 16°, allenfalls auch von 17 oder 18°. Beträgt das Grenzprisma mehr als 18°, so wird im Allgemeinen durch Operation an beiden Augen der nöthige Effect erzielt. Soll aber die ganze Correction doch unter Umständen an Einem Auge stattfinden, dann wird das Bindegewebe am oberen und unteren Rande der abgelösten Sehne etwas eingeschnitten, eventuell sogar nach innen von der Hornhaut eine Conjunctivalfalte von einigen Linien Breite abgeschnürt. Um den Effect von Prisma 16° in allen Zwischenstufen bis Prisma 8° abzudämpfen, wird die Wirkung der mit grösster Schonung vollführten Rücklagerung des Externus sofort durch eine entsprechende Conjunctivalsutur weniger oder mehr gemindert.

Von Tenotomie des Externus kann zur Heilung musculärer Asthenopie eben nur dann die Sprache sein, wenn es sich um eclatantes Uebergewicht der Externi handelt. Ist dieses nicht vorhanden, ist also das Fernabductions-Grenzprisma nur schwach, beträgt es z. B. nicht mehr als 8°, dann wird ja ohnehin, wenn musculäre Asthenopie besteht, dieses geringe Uebergewicht allein die Asthenopie nicht verschulden, es werden noch andere Momente wirksam sein; und andere Momente werden ausschliesslich wirksam sein, wenn das Fernabductionsvermögen nicht abnorm vermehrt ist. Die Tenotomie des Externus, unter den letzterwähnten Verhältnissen ausgeführt, könnte zwar, gehörig stark dosirt, die in der Arbeitsweite bestehende Insufficienz der Interni soweit verschwinden machen, dass auch die Erscheinungen der musculären Asthenopie schwinden, aber es wäre in Folge der Abschwächung des Externus nicht mehr möglich, die Gesichtslinien parallel zu stellen. Jenseits der Arbeitsweite würden an einer weniger oder mehr entfernten Stelle wegen der pathologischen Convergenz der Gesichtslinien gleichnamige Doppelbilder auftreten. Das wäre ein grosses Uebel. Unternimmt man also zur Heilung der musculären Asthenopie Tenotomie des Externus, dann darf man durch die Operation höchstens das Fernabductions-Grenzprisma tilgen. Dann sind die Externi eben noch durch äusserste Anstrengung in der Lage, die Gesichtslinien parallel zu stellen und da an den Sehact in die Ferne im Allgemeinen nicht andauernde Forderungen gestellt werden, diesen Forderungen nachzukommen.

Welche Rolle spielen die prismatischen Gläser bei dieser Form musculärer Asthenopie? Dieselbe, wie die convexen bei der accommodativen Asthenopie ex Hypermetropia. Wer demnach zur Tenotomie des Externus sich nicht entschliessen will, der wird, wenn er das Uebergewicht der Externi durch das Tragen von abducirenden Prismen, welche dem Fernabductions-Grenzprisma entsprechen, unschädlich macht, von

musculärer Asthenopie geheilt sein, falls wirklich die Muskelinsufficienz die Asthenopie bedingte und diese Form der Asthenopie rein, also nicht etwa gleichzeitig mit hochgradiger Myopie verknüpft ist.

Ehe wir genauer über die Verordnung prismatischer Gläser und deren Combination mit sphärischen Gläsern sprechen, sei noch folgendes erwähnt. Die einzelnen Formen musculärer Astenopie können sich ebenso combiniren, wie die entsprechenden der accommodativen. So kann vor Allem zu Uebergewicht der Externi Herabsetzung der Energie (1. und 4. Form) sich gesellen und Uebergewicht der Externi mit Myopie (1. und 3. Form) verbunden sein. Aber wir müssen jetzt noch einen Schritt weiter gehen. Wir müssen sagen, dass musculäre und accommodative Asthenopie sich verbinden kann und zwar dass in einem und demselben Falle sogar verschiedene zu accommodativer und verschiedene zu musculärer Asthenopie führende Ursachen sich gleichzeitig finden können. Das ist keine blosse Spiegelfechterei mit Worten. Die genaue Würdigung eines speciellen Falles kann z. B. neben Hypermetropie und abnorm verringerter Accommodationsbreite Uebergewicht der Externi und Herabsetzung der Energie der Interni ergeben. Sie staunen, meine Herren! über diese Häufung von asthenopischen Ursachen in einem einzigen Falle. Ich bitte Sie, halten Sie mit Ihrem Staunen zurück! Da wir noch andere Formen von Asthenopie kennen lernen werden, so wird sich auch die Möglichkeit noch zahlreicherer Combinationen ergeben.

Doch sprechen wir zunächst von der Wahl prismatischer und sphärisch-prismatischer Gläser. Gesetzt, es klage Jemand über asthenopische Erscheinungen. Es finde sich kein Grund für accommodative Ermüdung. Man macht hierauf den Gleichgewichtsversuch, indem man den Versuchspunkt oder den Versuchsbuchstaben in der Arbeitsweite betrachten lässt und dann durch ein vertical brechendes Prisma die höhendistanten Doppelbilder erzeugt. Der Versuch ergebe ein constantes Resultat. Es zeige sich für die Arbeitsweite Insufficienz der Interni z. B. von Prisma 10^0. Welches auch die Ursache der musculären Asthenopie sein mag, so muss das Ruheprisma von 10^0 (entsprechend in zwei Prismen, für jedes Auge eines, zerlegt) die Beschwerden verschwinden machen, falls die Asthenopie überhaupt eine musculäre ist. Ist der thatsächliche Beweis geliefert, dass bei probeweiser Anwendung der abducirenden Prismen das Uebel verschwindet, dann schreite man zur Verordnung einer prismatischen Brille nach folgenden Grundsätzen.

Das Correctionsprisma wird unter allen Umständen in zwei zerlegt, so dass vor jedes Auge ein Prisma mit der Basis gerade nach

innen gestellt wird. Es könnte scheinen, als ob es nicht nöthig wäre, ganz schwache Prismen in zwei zu zerfällen, aber man vergesse nicht, dass sich so häufig Insufficienzen bis zu 5° in der Arbeitsweite zeigen, ohne Asthenopie zu erzeugen, welche unter solchen Umständen höchstens dann auftritt, falls sich noch eine andere Schädlichkeit, Herabsetzung der Energie, vorübergehend hinzugesellt. Eine Insufficienz: Prisma von 5° dürfte wohl die schwächste sein, die thatsächlich und auch nur unter Umständen eine Correction verlangt. Im Allgemeinen wird das Correctionsprisma nicht in zwei gleich starke Prismen zerlegt, sondern es wird, wenn ein Auge das stärker afficirte ist, dieses nach v. Graefe auch mit dem stärkeren Prisma ausgerüstet. Um zu erforschen, welches das stärker ergriffene Auge sei, nähert man in der Medianlinie der gehobenen Blickebene die Fingerspitze bis zu solcher Nähe, dass endlich ein Auge nach aussen weicht. Ergibt sich bei wiederholten Versuchen, dass stets dasselbe Auge die Flucht nach aussen ergreift, so hält man damit für erwiesen, dass der Internus der betreffenden Seite an höhergradiger Insufficienz leide. Der Externus dieser Seite ist es, welcher in den für die Tenotomie geeigneten Fällen der Scheere verfällt und das betreffende Auge ist es, welches mit dem stärker brechenden Prisma bewaffnet wird. Zeigt sich hingegen bei wiederholten Prüfungen, bei welchen der Finger immer genau in der Medianrichtung der Blickebene angenähert wird, dass bald das eine, bald das andere Auge zuerst nach aussen lenkt, dann ist das Uebel auf beide Augen gleichmässig vertheilt, dann sind auch die Prismen gleichmässig zu vertheilen.

Prismen unterscheiden sich dadurch wesentlich von sphärischen Gläsern, dass die letzteren, selbst wenn sie von sehr kurzer Brenn- resp. Zerstreuungsweite zur Verwendung kommen, den Augen, für welche sie passen, durch die ihnen (den Gläsern) anhaftenden optischen Unvollkommenheiten wenig Beschwerden bereiten. Nur selten hört man selbst über die stärksten Gläser, die im Allgemeinen gebraucht werden, über die Staargläser, die Klage, dass sie schwache farbige Ringe zeigen. Anders ist es mit den abducirenden Prismen. Hier sind schon bei relativ schwachen Prismen die farbigen Säume, die besonders an der Nasenseite (der Basis des Prismas) sichtbar werden, recht störend und dazu kommt noch die unangenehme Nebenwirkung, dass das gesehene Object, wenn es eine ebene Fläche darstellt, nicht eben, sondern nach vorn convex sich darstellt. Der Umstand, dass die Objecte gleichzeitig grösser erscheinen, ist begreiflicherweise von keiner nachtheiligen Wirkung. Die genannten, den Prismen anhaftenden optischen Fehler führen zu einer besondern Regel bei der Verschreibung derselben. Man

nehme nämlich nicht das Gleichgewichtsprisma als Maass für die Correctionsprismen, sondern gebe die schwächsten Prismen, welche thatsächlich die asthenopischen Erscheinungen beheben. Häufig ergibt sich nämlich, dass zur Behebung der Asthenopie die vollständige Correction der (ja möglicher Weise nicht einmal richtig) ermittelten Insufficienz nicht nöthig sei. Stärkere Prismen, wie solche von 7^0 jederseits können kaum verordnet werden. Prismen von 20^0 z. B., auch wenn man sie gleichmässig vertheilt, so dass vor ein Auge kein stärkeres Prisma als ein solches von 10^0 zu stehen kommt, werden überhaupt nicht mehr vertragen. Uebrigens kommen zwar Insufficienzen von 20 und mehr Graden in der Arbeitsweite vor, aber diese erfordern, wie wir noch sehen werden, nicht die Prismencorrection.

Die Specialregeln für die prismatischen Brillen sind folgende:

1. Handelt es sich bei Emmetropie um Herabsetzung der Energie der Interni nach Ueberanstrengung der Augen oder nach erschöpfenden Krankheiten, so gibt man nach der allgemeinen Regel die schwächsten Prismen, welche die Beschwerden beseitigen. In Folge der durch die Prismen erzeugten (zum Convergenzpunkte) relativen Divergenz der Gesichtslinien wird dies jedoch durch eine einfache prismatische Brille nicht gelingen. Die Augen convergiren nach einem entfernteren Punkte und accommodiren daher auch für diesen entfernteren Punkt. Allerdings kann der Objectpunkt noch innerhalb des positiven Theils der relativen Accommodationsbreite liegen und es kann daher trotz der relativen Divergenz noch für das Object accommodirt werden. Allein die Augen würden unter der prismatischen Brille in accommodative Asthenopie verfallen und zwar um so gewisser, wenn unter den in Rede stehenden Umständen auch die Energie des Accommodationsmuskels etwas leidet. Die Form der accommodativen Asthenopie wäre die als dritte Form beschriebene, bei welcher also, trotz Emmetropie und normaler absoluter Accommodationsbreite, wegen fehlerhafter Lage der relativen Accomodationsbreiten Ermüdung eintritt. Und da wir bei der durch abducirende Prismen corrigirten musculären Asthenopie zur Heilung des accommodativen Uebels nicht adducirende Prismen anwenden können — das hiesse ja eben die abducirenden Prismen weglassen, dann wäre auch wirklich das accommodative Leiden geheilt — so müssen wir der zu schwachen Accommodation durch Convexgläser nachhelfen. Es sind also die prismatischen Gläser mit schwachen Convexgläsern zu combiniren. Es ist klar, dass je schwächer die corrigirenden Prismen gewählt werden können, ohne den Zweck zu verfehlen, desto schwächer auch die unterstützenden Convexgläser aus-

fallen werden. Mit dem Rückgange des Uebels kann man zu schwächeren Prismen-Convexgläsern, dann zu noch schwächeren einfachen Prismengläsern übergehen, bis endlich die Augen keiner Unterstützung mehr bedürfen. Es versteht sich übrigens von selbst, dass man ohne alle Gläser zum Ziele kommt, wenn man das für das analoge und oft damit verknüpfte accommodative Uebel vorgeschriebene Regimen befolgt. Die Anwendung des galvanischen Stromes wird selbst bei dieser Form musculärer Asthenopie wohl nichts nützen, aber vielleicht auch nicht schaden.

2. Ist musculäre Asthenopie Folge des Uebergewichts der Externi bei emmetropischem Bau des Auges, dann gibt uns das Fernabductions-Grenzprisma ungefähr den Werth für das genannte Uebergewicht, ich sage ungefähr, weil ja schwache abducirende Prismen auch unter normalen Verhältnissen beim Blick in die Ferne überwunden werden. Dieses Fernabductionsprisma wird auch bei normaler Energie der Interni, wenngleich die Naheinsufficienz in der Arbeitsweite von 12—14" wegen der mit zunehmender Convergenz steigenden Widerstände von Seite der gedehnten Externi etwas grösser als die Fernabduction ist, genügen, um die musculäre Asthenopie zu heilen, und wenn noch schwächere Prismen in einem speciellen Falle dasselbe thun, um so besser! Um so besser vor Allem für den Accommodationsapparat, denn zum Unterschiede von der musculären Asthenopie in Folge von Energiemangel der Interni, bei welcher kein Fernübergewicht der Externi besteht, bedarf es in unserem Falle nicht unbedingt der Combination von Prismen mit Convexgläsern. Wir haben früher gehört, dass wenn Uebergewicht der Externi besteht, bei jeder Contraction der Interni der Accommodationsmuskel sich weniger contrahiren muss als unter normalen Verhältnissen, damit im Convergenzpunkte deutlich gesehen werde. Die relativen Accommodationsbreiten sind, wenn wir von der Ruhelage der Muskeln ausgehen, ähnlich wie in unbewaffneten myopischen Augen mit normalem Muskelapparat. In letzterm Falle vermögen auch die Interni sich stark zu contrahiren, ohne dass der Accommodationsmuskel nachfolgt.

Das bewaffnete myopische Auge, das an Brillen noch nicht gewöhnt ist, zeigt dagegen, wie wir an einem früheren Orte hörten, ähnliche relative Accommodationsbreiten, wie sie bei Uebergewicht der Interni vorkommen. Bei Uebergewicht der Interni kann der Accommodationsmuskel bei einer bestimmten Leistung der Interni sich nicht so stark contrahiren als es nöthig wäre und als bei der gleichen Leistung der Interni, wenn der Muskelapparat normal ist, statthat; bei Uebergewicht der Externi darf der Accommodations-

muskel bei der gleichen absoluten Leistung der Interni sich nicht so stark contrahiren, als im Auge mit normalen Muskelwirkungen, weil sonst die Augen für einen näheren, als den Convergenzpunkt accommodirt wären. Und während bei Uebergewicht der Interni die Convergenz durch adducirende Prismen vermehrt werden muss, um den normalen sich nähernde Verhältnisse herzustellen, wird, wie leicht zu verstehen, bei Uebergewicht der Externi durch Verminderung der Convergenz, also durch abducirende Prismen dem Accommodationsmuskel die Möglichkeit geboten, sich so stark zu contrahiren als unter normalen Verhältnissen. Es kann jetzt eben unter den abducirenden Prismen der Accommodationsmuskel sich stärker contrahiren, das Auge kann und muss jetzt wirklich für einen näheren Punkt sich einstellen, als den Convergenzpunkt, weil ja jetzt der Objectpunkt dem Auge näher liegt als der durch die relative Divergenz der Gesichtslinien hinausgerückte Convergenzpunkt. Sowie der Myop, dessen Myopie neutralisirt wird, lernen muss und auch wirklich lernt, bei jeder Contraction der Interni stärker zu accommodiren und dadurch die relativen Accommodationsbreiten denen des Emmetropen sich nähern, ebenso lernt der mit abducirenden Prismen bewaffnete an Uebergewicht der Externi Leidende mit jeder Contraction der Interni eine stärkere Accommodation verbinden und macht dadurch seine relativen Accommodationsbreiten denen des von Muskelfehlern freien Auges gleich. Wenn also ausschliesslich in Folge von Uebergewicht der Externi, ohne dass die Energie der Interni abnorm herabgesetzt wäre, musculäre Asthenopie auftritt, so ist nicht nothwendig, die Prismen mit Convexgläsern zu verbinden und um so weniger, je schwächer die Correctionsprismen zum Zwecke der Tilgung der Asthenopie zu sein brauchen.

Ist aber das Uebergewicht der Externi combinirt mit wesentlicher Herabsetzung der Energie der Interni, was sich dadurch kundgibt, dass bei Objectsabständen von 12—14" die Insufficienz viel grösser ist als die Fernabduction; bedarf es zur Heilung der Asthenopie viel stärkerer Prismen als das Fernabductionsprisma anzeigt, dann ist begreiflicherweise die Differenz zwischen Convergenz- und Objectpunkt zu gross. Wenn auch noch im Convergenzpunkt deutlich gesehen würde, müsste aus früher erörterten Gründen accommodative Asthenopie entstehen und unter solchen Umständen sind natürlich die Prismen mit Convexgläsern zu verbinden. Man gibt eben jene Convexgläser, die man geben würde, falls kein Uebergewicht der Externi da wäre, sondern nur Herabsetzung der Energie, ausgedrückt durch das Prisma, das wir erhalten, wenn wir von dem Correctionsprisma das Fernabductions-Grenzprisma subtrahiren.

3. Dass, wenn einfache Myopie zu musculärer Asthenopie führt bei genügender Sehschärfe durch das Hinausrücken des Fernpunkts in 10—14″ die asthenopischen Erscheinungen schwinden, haben wir gesehen. Es ist aber eben so begreiflich, dass wir auch hier theoretisch durch abducirende Prismen sowohl die musculäre Asthenopie schwinden machen, als auch, falls nicht Asthenopie gegeben, aber ein Auge von Sehacte ausgeschlossen ist, durch dieselben den binoculären Sehact wiederherstellen können. Es ist begreiflich, dass dieses Mittel dann auch noch im Rechte bleibt, wenn die Sehschärfe in beliebiger Weise herabgesetzt ist, und daher theoretisch immer angewendet werden kann, während der Anwendung der Concavgläser zu obgenanntem Zwecke schon die Theorie die Grenzen setzt. In der practischen Ausführung findet aber auch die Anwendung der Prismen bei hochgradiger Myopie sehr bald ihre Grenzen, weil, wenn der Fernpunktsabstand einmal unter 4 Zoll gesunken ist, selbst die corrigirenden, d. h. die Asthenopie nicht die Insufficenz corrigirenden Prismen 18, 20 und mehr Grade betragen und durch ihr Gewicht, durch die farbigen Säume und die Oberflächenveränderung der Objecte so störend wirken, dass sie nicht vertragen werden. Wir sehen also, dass in den Fällen, in welchen Concavgläser nicht angezeigt sind, auch Prismen sehr häufig ihre Dienste versagen. Setzen wir die Vergleichung zwischen Prismen und Concavgläsern fort, so kommen wir auf Fälle, in welchen Prismen aber nicht Concavgläser angezeigt sind. Das sind die Fälle von nicht zu hochgradiger Myopie $M\,1/_7 - 1/_5$, aber sehr bedeutend herabgesetzter Sehschärfe. Da können aus letzterem Grunde Concavgläser nicht in Anwendung kommen, und den Prismen bleibt es vorbehalten, etwaige asthenopische Beschwerden zu heilen, oder den gemeinschaftlichen Sehact herzustellen. Dann endlich kommen jene Myopen, bei denen wegen genügender Sehschärfe jedes der genannten Mittel gleiche Rechte fordert. Haben wir also z. B. $M\,1/_5$ mit $S^{20}/_{30}$ und treten wirklich einmal asthenopische Beschwerden in einem solchen Falle auf, dann können wir dieselben z. B. durch abducirende Prismen von 10^0 oder durch Concavgläser von 8″ Zerstreuungsweite, welche die Sehweite auf 13 Zoll hinausrücken, schwinden machen. Fragt man, welches von den beiden Mitteln den Vorzug verdient, so sind es, wenn nicht eine Idiosyncrasie gegen das Tragen von Concavgläsern besteht, (und hier wollen wir gleich anführen, dass es auch Augen gibt, welche bestgewählte, selbst schwache prismatische Gläser absolut nicht vertragen) entschieden die Concavgläser, denn durch die verwendbaren Prismen werden die Gesichtslinien im Vergleiche zu der Convergenz für 5″ weniger divergent

gemacht, als wenn sie auf einen 13″ entfernten Punkt eingestellt sind. Andererseits wird die so schädliche Ueberneigung des Kopfes und Verkrümmung des ganzen Körpers bei Gebrauch der Prismen, die ja den Fernpunkt gar nicht oder nur unwesentlich hinausrücken, nur schwer vermieden, während sie durch den Gebrauch der Concavgläser gleichsam von selbst entfällt. Wenn also den Concavgläsern nicht sonst irgend welche schädliche Eigenschaften anhaften, so ist ihre Superiorität unter solchen Verhältnissen unbestreitbar.

Was sollen wir aber in jenen Fällen hochgradiger Myopie versuchen, in welchen weder Concav- noch prismatische Gläser brauchbar sind? Da erlaube ich mir die Frage hinzuzufügen, wer oder was uns eigentlich auffordert, etwas in der genannten Richtung zu unternehmen. Etwa der Kranke? Wohl niemals! Ich habe früher erwähnt, dass ich noch nie einen so hochgradigen Myopen, der über musculäre Beschwerden geklagt hätte, sah, weil der Myop entweder noch anstandslos convergirt — der weitaus seltenere Fall — oder weil er ein Auge, und dann das schlechtere, oder richtiger gesagt das kränkere ausschliesst. Wenn uns also der Kranke nicht auffordert, ist vielleicht der binoculäre Sehact zu berücksichtigen, dass man ihn wieder herstelle? Gegen eine solche Berücksichtigung muss man im Allgemeinen sprechen. Man sehe sich doch das excludirte Auge etwas genauer an! Es ist häufig so krank, dass wir froh sein müssen, wenn es am Sehact nicht theilnimmt, wenn es sich ausruht. Steht es uns doch frei, dieses Auge, das nicht immer das kurzsichtigere zu sein braucht, in welchem aber die Sehschärfe stärker herabgesetzt ist, das etwa nebstbei an ausgesprochener Metamorphopsie leidet und mit dem Augenspiegel sichtbare, wesentliche krankhafte Veränderungen aufweist — ich sage, steht es uns doch frei, es separat zu üben und nur so viel zu üben, als wir es dem krankhaften Zustande angemessen finden! Man lasse also das excludirte Auge in Ruhe und gestatte ihm nur zeitweilige Sehübungen.

Nur dann, wenn musculäre Asthenopie wirklich bestände und weder Concav- noch Prismengläser Hilfe schaffen können, müsste man etwas thun, um die Beschwerden zu beseitigen. Ich bin bisher niemals in der Lage gewesen, aus dem genannten Grunde einzugreifen. Doch gibt v. Graefe für solche Fälle, die ihm also offenbar untergekommen sein müssen, das einzig mögliche Heilmittel an, jenes nämlich, das die Natur sonst einschlägt, die Exclusion eines Auges auf künstlichem Wege. Es wird vor ein Auge ein mattes oder geschwärztes, oder auch blos dunkelblaues Glas gesetzt. Zur Beschleunigung der Procedur kann das zum Sehen dienende Auge, „wenn Patient nicht durch gekreuzte Doppelbilder be-

hindert wird", mit einem schwachen vertical brechenden Prisma bewaffnet werden, durch welches die Divergenz unmittelbar eingeleitet wird.

4. Auf die Besprechung der Therapie der einfachen Formen musculärer Asthenopie folgt zunächst folgerichtig die Festsetzung der Maassnahmen, wenn mehrere Formen musculärer Asthenopie concurriren. Hieher gehört die Combination: Myopie und Herabsetzung der Energie der Interni, sowie Myopie mit Uebergewicht der Externi allein oder gleichzeitiger Herabsetzung der Energie der Interni. Im ersteren Falle braucht die einfache Hinausrückung des Fernpunkts auf 12—14" nicht zu genügen, es müssen vielmehr Concavgläser mit abducirenden Prismen verbunden werden, den schwächsten Prismen, die im Stande sind, die noch in der neuen Arbeitsweite sich kundgebenden Zeichen musculärer Ermüdung hintanzuhalten. Bei Myopie und ausgesprochenem Uebergewicht der Externi kann Tenotomie vorgenommen werden, wenn das Fernabductions-Grenzprisma wenigstens 8° beträgt. Es wird dies genügen, um die noch in der Entfernung von 12—14" bestehende Insufficienz unschädlich zu machen, daher dann einfache Concavgläser am Platze sind, während bei gleichzeitiger Herabsetzung der Energie der Interni die noch bestehende Nahe-Insufficienz auch nach der Tenotomie noch Verbindung von Concavgläsern und Prismen erfordern kann. Wird die Tenotomie nicht vorgenommen, dann wird das Fernabductionsgrenzprisma, resp. ein stärkeres mit Concavgläsern verbunden am Platze sein. Ist die Anwendung der Concavgläser aus früher erwähnten Gründen nicht angezeigt, dann gibt man Prismen oder vollführt zuerst die Tenotomie und corrigirt die noch rückbleibende Nahe-Asthenopie durch entsprechend schwächere Prismen. Von diesen letzteren Fällen gilt aber in noch viel höherem Grade dasjenige, was früher von der einfachen Myopie höchsten Grades ohne Uebergewicht der Externi, also ohne auffallend vermehrtes Fernabductionvermögen, ausgesprochen wurde. Thatsächlich leiden solche Augen nicht an asthenopischen Beschwerden. Ein Auge wird vom Sehacte ausgeschlossen, die Muskeln folgen einfach ihren Tendenzen, wegen des Uebergewichts der Externi wird das ausgeschlossene Auge dauernd divergent gestellt, es hat sich Strabismus divergens entwickelt. Also nicht zum Zwecke der leichteren Unterdrückung des Netzhautbildes, also nicht zum Zwecke der Verhütung von Doppelbildern wird das Auge abgelenkt, sondern es wird abgelenkt, weil es vom Sehacte ausgeschlossen wird und nun die Muskeln allein die Stellung der Augen beherrschen, eine Beobachtung, die man tagtäglich bei einseitiger Erblindung in Folge von Cataracta oder anderer Ursachen machen kann. Thatsächlich hat also wegen musculärer

Asthenopie unter solchen Umständen weder Tenotomie noch sonst ein Heilverfahren vorgenommen zu werden. Die Tenotomie kann unter solchen Umstanden nur einen anderen Zweck verfolgen, sagen wir es gleich, den Zweck, die Progression der Myopie aufzuhalten.

Die Therapie gegen musculäre Asthenopie haben wir hiermit zur Genüge erörtert. Musculäre Asthenopie kann, wie wir hörten, zu accommodativer (in Folge von Herabsetzung der Energie des Accommodationsmuskels, Beschränkung der Accommodationsbreite oder von Hypermetropie oder auch mehrerer der genannten Factoren) hinzu treten. In diesem Falle müssen die Convexgläser mit prismatischen combinirt und erstere etwas stärker genommen werden, als sie, wenn mit prismatischen Gläsern nicht combinirt, angezeigt wären.

Aus all' dem über die Verwendung prismatischer Gläser Gesagten wird klar, dass, wenn der Gleichgewichtsversuch im Allgemeinen nicht im Stande ist, den Grad der Nahe-Insufficienz anzugeben und wir dies auch thatsächlich in der Mehrzahl der Fälle nicht erfahren können, die Therapie dadurch nicht behindert wird. Wir sehen, ob solche Prismen, die überhaupt zur Anwendung kommen können, das Leiden lindern und bei gewisser Stärke heben. Ob durch diese Prismen die Insufficienz ausgedrückt ist oder nicht, ist ganz gleichgiltig. Ebenso hat auch für die Tenotomie die Bestimmung des Grades der Nahe-Insufficienz keinen Werth, hiefür ist ja die Fernabduction allein massgebend. Diese letztere kann, wie begreiflich, durch Prismen nie grösser angezeigt werden als sie ist, wohl aber gilt dies von der Nahe-Insufficienz, indem, wie wir sahen, gar manche, besonders myopische Augen, je stärkere Prismen man beim Gleichgewichtsversuch zur Anwendung bringt, um so mehr divergiren, oder überhaupt unter einem vertical brechenden Prisma so stark divergiren, dass jenes Prisma, durch welches die Doppelbilder des Punktes in eine verticale Linie gebracht werden, wegen der begleitenden Umstände nicht als Ausdruck für die wirklichen Muskelspannungen angesehen werden kann.

Wir wollen mit der Vorführung eines Falles, der das Letztere illustrirt, dieses Capitel schliessen. Es ist ein Knabe von 12 Jahren, welcher uns von seiner Mutter nur desshalb vorgestellt wurde, damit wir ihm die Nummer des zum deutlichen Sehens auf die Schultafel nöthigen Glases angeben. Die Untersuchung zeigt: Scheinbarer Strabismus divergens des rechten Auges (die ophthalmometrische Messung ergibt Winkel γ rechts $= +6^0$, links $= +3^0$), vordere Kammer tiefer, Pupille etwas weiter als in Augen emmetropischer Individuen des gleichen Alters, Bulbi im Aequator etwas mästiger gekrümmt,

Pupillendistanz ist 55 Millimeter. Die Untersuchung mit Gläsern auf 20′ zeigt: Rechts $M^1/_9$, mit $-\ ^1/_9\ S\ ^{20}/_{20}$, links $M^1/_8$, mit $-\ ^1/_{7\frac{1}{2}}\ S^{20}/_{30}$, ein vor jedem Auge herumgedrehtes Cylinderglas $+\ ^1/_{50}$ und $-\ ^1/_{50}$ verschlechtert sowohl rechts als links das Sehen. Die Myopie ist keine scheinbare, sondern eine wirkliche, denn der Augenspiegel bestätigt ihren Grad. Nebenbei verdient es bemerkt zu werden, dass der Knabe, dessen linkes Auge wir zuerst prüften, auch für das rechte Auge concav $7^1/_2$ als das corrigirende angab, während die hierauf vorgenommene Spiegelprüfung rechts $M^1/_9$ zeigte und es sich dann bei der Ueberprüfung mit Gläsern wirklich herausstellte, dass Concav 9 das schwächste Concavglas war, welches die grösste Sehschärfe erzeugte. Das Fernabductionsprisma beträgt 10°.

Die Prüfung für die Nähe ergibt: Nr. 1 wird mit beiden Augen auf $8^1/_2$″, mit dem rechten allein etwas weiter, mit dem linken allein auf etwas geringere Entfernung gelesen. Die Untersuchung auf Insufficienz der Interni gibt bei starker Annäherung des Fingers in der Medianlinie ein vollständig negatives, bei Verdeckung eines Auges ein unsicheres Resultat, indem sich nicht mit Bestimmtheit nachweisen lässt, ob das wieder frei gewordene Auge eine sehr kleine Einstellungsdrehung macht oder nicht. Erzeugt man aber durch ein vertical brechendes Prisma von 12° höhendistante Doppelbilder, während der Versuchspunkt 8″ vom Auge absteht, dann gibt der Knabe ein ungeheures Schwanken in der lateralen Stellung der Punkte an, aber immer bleiben die Doppelbilder gekreuzt mit grossem seitlichem Abstande. Sucht man das Gleichgewichtsprisma zu ermitteln, so schwanken auch hierbei die Punkte beständig hin und her, aber erst ein Prisma von 22, sage zwei und zwanzig Graden ist im Stande, die Punkte wenigstens für Momente in eine verticale Linie zu bringen, ich sage für Momente, weil selbst unter diesem Prisma rasch wieder gekreuzte Doppelbilder auftreten. Und wesshalb erwähnen wir den Fall? Desshalb, weil nicht die geringste Spur asthenopischer Beschwerden besteht, wiewohl binocular gesehen wird. Es muss der Finger in der Mittellinie auf 2″ und noch mehr angenähert werden, bis das rechte Auge (nota bene das mit dem grössern Winkel γ) nach aussen weicht. Und doch hören wir von der Mutter des Knaben, dass er eine wahre Lesewuth habe, dass er, wo er nur immer kann, Abends und bei Nacht bei der schlechtesten Beleuchtung liest, und dass er, nebenhin bemerkt, die Objecte nicht in 8″, für welche Distanz wir die Insufficienz ermittelten, sondern thatsächlich in grösserer Nähe, in 6″ und wohl noch näher hält. Es ist auch für Asthenopie, da wie schon das eben Gesagte anzeigt, dem

Gleichgewichtsversuche kein grosses Gewicht beizulegen ist, kein zwingender Grund vorhanden, da nur mässiges Uebergewicht der Externi (jederseits Prisma 5°) besteht, das wegen der geringen Pupillendistanz selbst eine Convergenz für 6″ nicht wesentlich erschwert.

Die Angaben v. Graefe's, dass „fast alle mit musculärer Asthenopie behafteten Augen an Blendung leiden," dass es desshalb vortheilhaft sei, die nöthigen Gläser zu bläuen und dass, „wenn das kränkere Auge sich, wie meist, auch als das geblendetere erweist, für dieses das Blau etwas dunkel genommen werden mag" — diese Angaben v. Graefe's leiten uns hinüber zu jenen Formen der Asthenopie, die wir noch zu besprechen haben, und die man als retinale und neuralgische ungefähr nach denselben Vorstellungen, denen auch v. Graefe in dieser Richtung huldigt, bezeichnen kann.

III. Retinale und IV. Neuralgische Asthenopie.

In allen den Fällen, in welchen über asthenopische Erscheinungen geklagt wird, in denen die äussere Inspection der Augen Zeichen wesentlicher Entzündung der äusseren Gebilde, besonders der Conjunctiva ausschliesst, (welche bei ihrem Vorhandensein für den mindergeübten Beobachter den asthenopischen ähnliche Erscheinungen vortäuschen könnten), forscht man zuerst nach accommodativen Ursachen. Sei es, dass man solche vorfand, sei es dass nicht, in jedem Falle prüft man hierauf die Muskelverhältnisse. Sind bei accommodativer Asthenopie Convexgläser allein nicht im Stande, die Beschwerden zu beheben, so berücksichtigt man eine etwa vorgefundene Insufficienz durch Combination von Convex- und prismatischen Gläsern. Ist man auch mit dieser Combination zunächst nicht glücklich, so versuche man nach den allgemein giltigen Regeln Abänderungen in den convexen oder prismatischen, oder in beiderlei Gläsern.

Es gibt wirklich Fälle, in welchen bei auffallender Hypermetropie die accommodative Ursache der Asthenopie richtig erkannt, und eben wegen der Evidenz des accommodativen Leidens nach weiteren möglichen Gründen für die Asthenopie nicht geforscht wurde, in welchen jedoch die Convexgläser nicht im Stande sind, die Asthenopie zu beheben, weil gleichzeitig störende Muskelinsufficienz besteht. Es sind mir wirklich vereinzelte Fälle derart vorgekommen, in welchen ich in Folge der Würdigung des von anderen Seiten übersehenen musculären Leidens durch Combination von Convexgläsern und Prismen die Patienten überglücklich machte, indem die asthenopischen Beschwerden nun vollständig schwanden.

Allein es gibt andere Fälle, auf die ich schon wiederholt hinwies, auf welche ich zum Schlusse der Besprechung der accommodativen Asthenopie bereits vorbereitete, es gibt Fälle von evidenter musculärer Asthenopie, es gibt Fälle mit accommodativen und musculären Ermüdungsursachen, in welchen weder Convex- noch prismatische, noch convexprismatische Gläser Heilung oder auch nur nennenswerthe Besserung erzielen. Die Fälle sind, wie ich schon an früherer Stelle erwähnte, mir selbst wenigstens schon relativ so häufig vorgekommen, dass ich mir eine Vermehrung des Beobachtungsmaterials nicht mehr wünsche. In einzelnen dieser Fälle habe ich sozusagen alles Denkbare versucht — alles Denkbare ohne jeglichen Erfolg. Ich will hier speciell eines Kranken Erwähnung thun, den ich vor Jahren in Wien in die Arbeit nahm. Es war ein Uhrmacher aus Smyrna. Er hatte sich schon an vielen anderen Orten Rath erholt, man hatte ihm wegen der bestehenden Hypermetropie eine Convexbrille gegeben, die aber die Beschwerden nicht erleichterte. Ich fand noch bedeutende Nahe-Insufficienz. Ich machte den Kranken zuversichtlich, weil mir — so spielt der Zufall oft mit — sich kurz vorher eine Persönlichkeit präsentirt hatte, die ganz ähnliche Verhältnisse darbot und deren Asthenopie durch Combination der Convexgläser mit Prismen glücklich geheilt wurde. Aber ich irrte mich. Die Gläser, auch vielfach gewechselt, mit verschiedenen Nuancen von Blau versehen, waren nicht im Stande die Beschwerden zu bessern. Ergab sich vielleicht ein anderer Anhaltspunkt? Nein. Die Sehschärfe war vollkommen normal, jederseits $^{20}/_{20}$. Das Ophthalmoskop zeigte keine Alterationen, nicht einmal so geröthete Sehnerven, wie sie häufig bei corrigirbaren Asthenopen vorkommen. Auch handelte es sich zunächst nicht etwa darum, die asthenopischen Beschwerden für die feinen Arbeiten der Uhrmacherei zu beseitigen, sondern sie konnten nicht für die gewöhnlichen Beschäftigungen, also z. B. die des Lesens beseitigt werden. Nun wurde Patient auf Prof. v. Jaeger's Klinik aufgenommen. Blutentziehungen, Dunkelcur, fortgesetzte Atropinisirungen wurden in Anwendungen gebracht, und als dies Alles nichts helfen wollte, auch gleichzeitig eine energische Inunctionscur durchgeführt. „Was hätte ich noch thun sollen, was ich nicht gethan hätte?“ Der Kranke verliess nach langer Zeit die Klinik und Wien, sein volles Sehvermögen hatte er zwar zu seinem Glücke behalten, aber nach alledem, was versucht worden war, konnten convex-prismatische blaue Gläser eben so wenig Hilfe bringen wie zuvor.

Aber die eben angedeuteten Fälle, in welchen accommodative oder musculäre oder beiderlei Hindernisse nachgewiesen werden können und

in welchen die entsprechenden Gläser nicht Hilfe schaffen, das sind noch nicht die rechten, das sind noch nicht die charakteristischen, die ich meine. Es muss jede accommodative oder musculäre Ursache zweifellos fehlen, es muss das Sehvermögen normal und der Augenspiegelbefund negativ sein und dabei müssen sich die asthenopischen Erscheinungen in der vollkommensten Weise — ja in wahrhaft typischer Weise können sie auftreten — zeigen, dann haben wir die reinen Formen der in Rede stehenden Asthenopien. Sie müssen in zwei Gruppen geschieden werden. In der ersten Gruppe schafft Herabsetzung der Beleuchtung, resp. das Vorsetzen rauchgrauer oder blauer Gläser entschiedene Erleichterung, in der zweiten Gruppe ist durch die eben genannten Mittel gar nichts zu erreichen. Unter den erstgenannten Umständen muss man eine Hyperästhesie der Netzhaut annehmen und kann die Asthenopie als retinale bezeichnen, in letzterem Falle dürfte es das beste sein, eine Neuralgie der Ciliarnerven zu Grunde zu legen und von einer neuralgischen Asthenopie zu sprechen, was so zu verstehen ist, dass, ohne dass irgend ein Accommodations-Hinderniss bestände, auch eine schwache Contraction des Ciliarmuskels nach kürzerer oder längerer Zeit schmerzhaft wird und der Muskel aus diesem Grunde seinen weiteren Dienst versagt. Wohlgemerkt, auch bei diesen Formen der Asthenopie ist der Augengrund normal, in specie der Sehnerv nicht mehr, ja vielleicht weniger geröthet als bei corrigirbaren Formen des accommodativen und musculären Leidens.

Die reinen Formen der retinalen und neuralgischen Asthenopie sind sicherlich selten, trotzdem kann ich von den Kranken der letzteren Zeit über drei typische Fälle berichten, und es sei gestattet, dieselben etwas ausführlicher zu behandeln.

Agnes Kaslatter, aus St. Christina, 34 Jahre alt, ledig, Verfertigerin von Holzschnitzwaaren, hatte vor der Zeit ihres gegenwärtigen Augenleidens nie über ihre Augen zu klagen gehabt. Von Morgens 5 Uhr bis Abends 10 Uhr war sie mit feinen Holzschnitzereien beschäftigt, ohne je die mindesten Ermüdungserscheinungen zu fühlen. So war es bis zu Ostern des Jahres 1872. Als sie nach Ablauf der Feiertage, während welcher sie nicht gearbeitet, also ihre Augen vollkommen geschont hatte, die gewohnte Beschäftigung wieder aufnahm, traten nach einigen Stunden schmerzhafte Empfindungen über den Augen auf und sie musste mit der Arbeit aussetzen. So erging es ihr das ganze Frühjahr hindurch. Die Arbeitsdauer war auf einige Stunden reducirt und verkürzte sich immer mehr, so dass sie den Sommer über auf einer Alpe zubrachte, „um ihre Augen zu kräftigen.“ Als sie nach

ihrer Rückkehr wieder an die Arbeit ging, glaubte sie anfangs, ihr Leiden habe sich gebessert, aber bald folgte bittere Enttäuschung. Die Ermüdungserscheinungen nahmen rasch zu, so dass bald von einer Nahearbeit überhaupt nicht mehr die Rede sein konnte. Dabei steigerten sich auch bei dem Versuche, die Arbeit zu forciren, die nervösen Erscheinungen. Zu den Schmerzen über dem Auge gesellte sich eine unangenehme Empfindung in der Magengegend verbunden mit Brechreiz, sowie eine eigenthümliche Empfindung zwischen den Schulterblättern.

Ihres Erwerbes beraubt, suchte die Kranke endlich am 29. October 1872 Hilfe auf der Innsbrucker Augenklinik. Die äussere Inspection der Augen ergab nichts Abnormes, nur erschien die vordere Kammer und die Pupille beiderseits enger, als bei emmetropischem Bau des Auges dem Alter entsprechend wäre. Ich vermuthete desshalb Hypermetropie. Der Augenspiegel zeigte aber beiderseits geringe Myopie und absolut keine krankhaften Erscheinungen des Augengrundes. Die Sehnerven erschienen nicht einmal geröthet, wie so häufig bei Asthenopie. Rechts ohne Glas $S^{20}/_{20}$ kaum, dagegen voll mit $-\ ^1/_{40}$, Links ohne Glas $S^{20}/_{40}$, mit $-\ ^1/_{20}$ $S^{20}/_{30}$, auch noch $\frac{20}{A,\ C,\ L \text{ von } 20}$. Rechts Nr. 1 Jäger bis auf 15", links bis auf $10^1/_2$". Accommodationsbreite dem Alter und der Myopie vollkommen entsprechend. Jäger Nr. 1 wird noch auf $4^1/_2$" deutlich gelesen. Gesichtsfeld beiderseits frei. Die Prüfung der Muskelverhältnisse gibt gar keine Aufschlüsse. In Specie fehlt jede Naheinsufficienz. Die genauere Prüfung der asthenopischen Beschwerden zeigt: Im ersten Momente wird z. B. Jäger Nr. 1 vollkommen scharf und deutlich gesehen, aber ehe noch die Zeile zu Ende gelesen ist, treten nicht im Auge, aber über den Augenbrauen von innen nach aussen ziehend schmerzhafte Empfindungen auf, die Buchstaben werden undeutlich und verschwimmen dann rasch. Wird die Kranke aufgefordert, wenn auch mit möglichster Anstrengung weiter zu lesen, so bringt sie es doch nicht über die zweite Zeile, schon aus dem Grunde nicht, weil bereits die Magen- und Rückenschmerzen zur Uebligkeit führen. Vor Allem muss ich bemerken, dass ich nicht glaube, dass hier zum typischen Bilde der Asthenopie irgend ein Symptom fehlt. Wenn man die genannte Symptomengruppe nicht als Asthenopie bezeichnen darf, dann weiss ich für meine Person wenigstens nicht, welche Symptome die Asthenopie zusammensetzen. Gehören etwa die weitausstrahlenden **secundären** Nervensymptome nicht zum Wesen der typischen Asthenopie? Mit nichten! Jeder erfahrene Augenarzt wird wissen, welche wahrhaft proteusartigen Gestaltungen die nervösen Er-

scheinungen bei den höchsten Graden jeglicher Art der Asthenopie darbieten können. So viel steht für unseren Fall fest, dass jegliche physikalische Grundlage der Asthenopie fehlt und wir uns um andere Ursachen für dieselbe umsehen müssen. Die Kranke gibt uns in dieser Hinsicht einen Fingerzeig. Sie gibt an, dass sie in der Dämmerung und an ganz trüben Tagen auffallend länger arbeiten könne, ebenso, dass eine blaue Brille, die sie versuchte, ihr Leiden bedeutend besserte, und dass sie sicher glaube, eine blaue Brille könnte sie wieder arbeitsfähig machen, wenn man ihr anrathen würde, eine solche beständig zu tragen. In der That ist leicht zu constatiren, dass durch Vorsetzung einer blauen Brille von dunkler Nuance die asthenopischen Erscheinungen bedeutend geringer werden und sich mit Hilfe derselben eine wirkliche Arbeitsdauer entwickelt, so dass es fast unbegreiflich erscheint, dass die Kranke, welche den Nutzen der Brille kannte, sie dennoch nicht praktisch verwerthete. Wir sind gezwungen, das Leiden als Asthenopie in Folge von Hyperästhesie der Netzhaut zu betrachten. Schon das gewöhnliche diffuse Tageslicht erregt die Netzhaut derartig, dass der Sehact nach äusserst kurzer Zeit unmöglich wird, wobei von der Netzhaut aus Reflexempfindungen in verschiedenen Nervengebieten ausgelöst werden. Es ist dabei nicht nothwendig, dass der Accommodationsmuskel secundär in Mitleidenschaft gezogen werde. Eine Ursache für das Auftreten der Netzhauthyperästhesie ist nicht zu ergründen. Unsere Therapie bestand in Abhaltung allen Lichtes durch einen Schutzverband und in innerlicher Anwendung von Zink- und Chininpräparaten. Nachdem der Verband durch 7 Tage gelegen hatte, wurde er entfernt, das Zimmer allmälig erhellt, dunkle Brillen gegeben. Am 12. Tage der Cur wurde die Patientin (ohne Brille) in ein vollkommen helles Zimmer gebracht und Tags darauf zupfte sie den ganzen Tag feine Charpie, ohne zu ermüden. Auch bei den Leseproben waren Ermüdungserscheinungen nicht zu constatiren. Unsere Holzschnitzerin erklärte sich für vollkommen geheilt und war nicht mehr auf der Klinik zu halten. Am 14. November 1872 reiste sie in ihre Heimat zurück.

Aber am 19. August 1873 kehrte sie wieder. Sie erzählte, dass sie zu Hause angekommen, alsbald zu arbeiten begonnen habe. Jedoch nach zwei Tagen will sie sich „stark erkältet" haben und am gleichen Tage zeigten sich wieder dieselben Erscheinungen wie sie vor Beginn der Cur dagewesen waren. Dunkle Brillen nützten jetzt nichts. Sie sperrte sich für einige Zeit in ein dunkles Zimmer — umsonst. Sie konnte nur noch grobe Arbeit verrichten. Den Frühling und Sommer (1873) wieder auf einer Alpe zubringend, war sie nicht im Stande

sich Besserung zu schaffen und entschloss sich desshalb nochmals nach Innsbruck zu kommen. Es wurde dieselbe Cur, wie das erste Mal eingeleitet und wieder zunächst mit vollständigem Erfolge. Vom 10. September bis 13. October arbeitete sie anstandslos im lichten Raume. Sie wurde entlassen. Die Zukunft wird lehren, ob sie nun, was unwahrscheinlich ist, von ihrer Asthenopie befreit bleibt.

An diesen Fall will ich zwei andere reihen, in welchen nicht Hyperästhesie der Netzhaut, sondern Schmerzhaftigkeit des Ciliarmuskels als Ursache der Ermüdung anzusehen sein dürfte. Die 15jährige Lehrerin Marie Sprenger [1]) klagt am 16. Nov. 1872 darüber, dass sie, als sie nach abgelaufenen Ferien zu Beginn des Monats October ihre Studien wieder aufnahm, bemerkte, dass ihre Arbeitsfähigkeit eine viel geringere als sonst sei. Nach mehreren Arbeitsstunden traten „über den oberen Augenlidern" Schmerzen ein, die sich bald so steigerten, dass die Arbeit ausgesetzt werden musste. Patientin musste dann zunächst eine halbe Stunde Ruhe sich gönnen, dann ging es wieder. Aber die Ermüdungserscheinungen steigerten sich rapide, immer geringer wurde die Zahl der Arbeitsstunden, immer grössere Pausen waren nothwendig. Seit einer Woche hat das Uebel einen solchen Grad erreicht, dass nur durch $^1/_4$ Stunde ununterbrochen gelesen werden kann. Auf die Frage, ob dem Leiden eine besondere Anstrengung der Augen vorangegangen sei, wurde erwiedert, dass vor Beginn der Ferien die Augen allerdings sehr angestrengt worden wären, jedoch ohne irgend welche Beschwerde, dass das Leiden aber erst nach den Ferien, nach zweimonatlicher Beschäftigungslosigkeit sich eingestellt habe. Die Augen bieten mit Ausnahme auffallend weiter, aber reagirender Pupillen nichts Abnormes dar. Kein Conjunctivalleiden. Die zunächst vorgenommene Spiegeluntersuchung zeigt neben normalstem Augengrunde geringe Hypermetropie, so gering, dass das Auge in klinischer Hinsicht noch dem emmetropischen gleichzusetzen ist. Es ist dies nur insofern interessant, als sich bei der Gläserprüfung Myopie ergibt und auch bei fortgesetzter Atropinisirung ein Rest scheinbarer Myopie bestehen bleibt. Rechts ohne Glas $S^{20}/_{100}$ (man denke an die weiten Pupillen), mit $-\ ^1/_{30}\ S^{20}/_{20}$. Links ohne Glas $S^{20}/_{40}$, mit $-\ ^1/_{60}\ S^{20}/_{20}$. Binoculärer Nahepunkt in 4". Keine Muskelinsufficienz. Nach fünftägiger Atropinisirung war die Myopie allmälig zurückgegangen: rechts auf $^1/_{40}$, links auf $^1/_{80}$. In diesem Falle handelt es sich nicht um musculäre Asthenopie und auch nicht um

[1]) S. pag. 268.

ccommodative in dem für letztere festgehaltenen Sinn. Die minimale lypermetropie kann bei normaler Accommodationsbreite nicht Schuld er Asthenopie sein. Auch der Accommodationskrampf, wie er hier orkommt, führt im Allgemeinen nicht zu asthenopischen Erscheiungen. Abschwächung des Lichtes durch blaue Brillen brachte keine esserung, dagegen verschwand die Asthenopie und blieb verschwunden, achdem durch 8 Tage Atropin instillirt worden war. Die Asthenopie t wohl als eine neuralgische aufzufassen.

Jener 46jährige Josef Dietrich, über dessen in späteren Jahren worbene Myopie wir früher sprachen [1]) und welcher seine 4jährige sthenopie gleichzeitig mit dem Schlechtsehen in die Ferne nach einer ugenentzündung entstehen lässt, klagt, dass er nur 5 Minuten Zeitung sen könne. Dann treten Schmerzen längs der Augenbrauen ein, elche über den Scheitel bis zum Hinterhaupte und bis in s Genick ausstrahlen, wenn der Patient die Fortsetzung des sens zu erzwingen sucht. Dabei fangen die Buchstaben zunächst an, zittern und dann zu verschwinden. Die leicht myopischen mit norler Sehschärfe ausgerüsteten Augen zeigen bei Bestimmung mit rchardt's Punktproben ihren Nahepunkt in $7^3/_4$". In der Entferng von 15", der Leseweite des Patienten, ergibt der Gleichgewichtsrsuch die nicht weiter beachtenswerthe Insufficienz der Interni von isma 3^0. Aeusseres Ansehen der Augen normal, Pupillen, dem Alter tsprechend ziemlich enge, reagiren normal. Im Augengrunde nichts merkenswerthes, als ein kleiner Conus links. Für accommodative und skuläre Asthenopie fehlt jeder Anhaltspunkt. Bei Myopie und einem hepunkte von $7^3/_4$" kann keine accommodative Beschwerde beim sen von gewöhnlichem Zeitungsdruck im Abstande von 15", geschweige nn das Bild höchstgradiger, mit gewaltigen nervösen Symptomen paarter Asthenopie auftreten, sowie andererseits eine Insufficienz von (die noch dazu bei der Unsicherheit des Gleichgewichtsversuches auch i vollkommenem Muskelgleichgewicht sich darbieten kann) an dem mptomencomplex sicherlich unschuldig ist. Wiederum kann nur, da nkle Brillen die asthenopischen Erscheinungen noch steigerten, Schmerzftigkeit des Ciliarmuskels, die selbst bei relativ geringer Contraction ftaucht, Ursache des Leidens sein. Sollte wirklich die geringe Zerrung r Chorioidea bei der geringen Axenverlängerung da eine Rolle spielen? die Atropinisirung vom Patienten entschieden verweigert wurde, rde versucht, die Contraction des Accommodationsmuskels durch

[1]) pag. 262.

Convexgläser zu verringern, und dadurch, wenn der Schmerz der Contractionsgrösse proportional wäre, damit wieder die asthenopischen Beschwerden zu lindern. Ein stärkeres Glas als $^1/_{40}$ wird nicht vertragen. Dieses Glas bewirkt aber eine entschiedene Erleichterung. Am 11. December bekam Herr Dietrich die Brille. Am 15. December berichtete er, dass er mit diesen Gläsern bei halbstündigen Unterbrechungen Vormittag durch $1^1/_2$, Nachmittag durch $2—2^1/_2$ Stunden seine Zeitung lesen könne. Es „brennen zwar dabei die Augen und Augenlider," aber die sonderbar irradiirenden Schmerzen treten nicht mehr auf.

Donders hat 3 Fälle und zwar nur bei hypermetropischen Augen gesehen, bei welchen Neuralgie des Ciliarmuskels oder, wie Donders meint, Acccommodationskrampf das Bild der accommodativen Asthenopie complicirte. Es charakterisirt sich der Zustand durch heftige Schmerzen, die bei jedem Sehversuche in den Augen auftreten. Ich kann versichern, dass ich ausser den eben beschriebenen Fällen noch gar manche verzeichnet habe, in welchen ich bei dem typischen Bilde der Asthenopie weder eine accommodative noch eine muskuläre Ursache fand, ja bei der Erfolglosigkeit jeglichen Mittels nicht einmal in der Retina oder den Ciliarnerven den Sitz des Leidens mit einiger Bestimmtheit zu suchen mich berechtigt fand.

Neunzehnte Vorlesung.

Die Axenlängen des emmetropischen und ametropischen Auges. Die Ursachen der typischen Ametropie. Die Aenderung der letzteren durch atypische Momente.

Meine Herren! Wenn wir auch bisher gar manche Verhältnisse des typisch hypermetropischen und myopischen Auges besprechen konnten, ohne dass uns die Unkenntniss der die Ametropie bedingenden Ursachen wesentlich gestört hätte, so wird es doch jetzt an der Zeit sein, uns diesem Gegenstande zuzuwenden. Es ist einleuchtend, dass jedes derjenigen Momente, welche wir bei der atypischen Ametropie vom theoretischen Standpunkte erörtert und zumeist wirklich vorkommend gefunden haben, für sich allein oder in Gemeinschaft mit einem zweiten, dritten auch der typischen Myopie und Hypermetropie zu Grunde liegen kann.

Man kann jedoch annehmen, dass im Allgemeinen die typische Hypermetropie auf Axenverkürzung, die typische Myopie auf Axenverlängerung des Auges beruhe. Doch müssen wir hierbei Folgendes bedenken. Wäre die Länge des emmetropischen Auges stets die gleiche,

oder nur unbedeutenden Schwankungen unterworfen, dann würde es leicht sein anzugeben, bei welcher Axenlänge ein Auge als hypermetropisca, bei welcher es als myopisch angesehen werden müsse. So aber unterliegt die Länge des emmetropischen Auges sehr beträchtlichen Schwankungen. Schon in jener Untersuchungsreihe aphakischer Augen, deren wir früher gedachten [1]), fanden wir Schwankungen in der Länge der Gesichtslinie (von ihrem Hornhautpol bis zur Fovea centralis) zwischen 22·39 und 24·94 M^{m}· und wenn man die Dicke der Chorioidea und Sclerotich am hinteren Augenpol nach Donders mit 1·3 M^{m}· annimmt, so ergibt sich daraus die Länge der Augenaxe (die Länge der Gesichtslinie von ihrem Hornhaut- bis zu ihrem Scleroticalpol) mit 23·69 — 26·24 M^{m}·. Damit sind aber die äussersten Masse nach beiden Richtungen noch nicht erreicht. Denn da, wie gerade die Prüfung aphakischer ursprünglich emmetropischer Augen zeigt, die Linse im menschlichen Auge nur sehr geringen Differenzen ihrer Brechkraft unterworfen ist, so hängt die Axenlänge des emmetropischen Auges zumeist vom Hornhautradius ab und lässt sich daher auch, wenn dieser bekannt ist, mit Hinzuziehung der durch die Erfahrungen bei Aphakie gewonnenen Werthe der Krystalllinse, mit relativ geringen Fehlergrenzen berechnen, die sogar indem man die Grenzwerthe des Linsenwerthes in die Rechnung einsetzt, direct angegeben werden können. Da nun das emmetropische Auge ausnahmsweise noch grössere Hornhautradien zeigt, als die grössten, welche bei den von uns vorgenommenen Messungen bei Aphakie gefunden wurden, so ist unzweifelhaft, dass es emmetropische Augen gibt, denen eine noch grössere Länge als jene von 26·24 M^{m}· zukommt. Andererseits kann die Grösse des Cornealradius noch bedeutend unter den Werth sinken, welcher ihm in dem aphakischen Auge mit der Länge von 23·69 M^{m}· zukam. So habe ich eben ein aphakisches Auge gemessen, das zu seiner Correction Convex $3^{3}/_{4}$, 9 M^{m}. vor die Hornhaut gestellt, also dasselbe Correctionsglas wie das längste der gemessenen Augen braucht und sich dadurch als ehemals emmetropisch bekundet, und dessen Hornhautradius (im horizontalen und verticalen Meridiane vollkommen gleich) 6·95185 M^{m}· beträgt. Daraus berechnet sich eine Länge des Auges von 20·9461 M^{m}· bis zur Fovea und demnach von 22·2461 M^{m}· bis zum hinteren Pole. Axenlängen also von 22·25 bis 26·24 M^{m}·, demnach um vier Millimeter schwankend, habe ich durch die Bestimmungen bei Aphakischen unzweifelhaft für das emmetropische Auge gefunden, da doch schwerlich Jemand be-

[1]) pag. 246.

haupten wollte, dass ein Auge, das durch Convex $3^3/_4$ corrigirt wird, vordem das eine Mal emmetropisch, dann ein zweites Mal ausgesprochen hypermetropisch, ein drittes Mal ausgesprochen myopisch war. Wie schon erwähnt, gibt es sicherlich noch längere emmetropische Augen, kürzere aber schwerlich, denn ausser dem letztgenannten Falle habe ich bei Emmetropen nie einen Hornhautradius in der Gesichtslinie unter 7 $M^{m.}$ gefunden. Als ein „mittleres" Auge bezeichneten wir ein solches mit einem Hornhautradius von 7·6 $M^{m.}$ und einer Länge von 23·8 — 24.1 $M^{m.}$, also einer Totalaxe von 25·1 — 25·4 $M^{m.}$

Es stimmen alle diese Masse vollkommen mit den Massen, welche man an Cadaveraugen findet und auch die Vergrösserung, welche bei der Untersuchung mit dem Augenspiegel hervortritt, zeigt uns in extremen Fällen auffallend die Differenzen der Axenlänge. Es zeigt sich, dass man bei der Messung von Cadaveraugen am häufigsten die Werth findet, welche um 25 $M^{m.}$ herumliegen, also entweder gerade 25 $M^{m.}$ oder bis 24·5 $M^{m.}$ einer-, bis 25·5 $M^{m.}$ andererseits. Nach den Ergebnissen der Untersuchungen bei Aphakie und den Schwankungen in der Grösse des Hornhautradius ist es jedoch nicht gestattet, Augen mit kleineren Axenlängen als 24·5 und zwar solchen bis 22·25 $M^{m.}$ einerseits und grösseren Längen, etwa bis 26·5 $M^{m.}$ andererseits ohne weiteres als ametropisch anzusehen.

Je länger die Axe des emmetropischen Auges, desto schwächer brechend der dioptrische Apparat, desto weniger wirksam die durch das dioptrische System dieses Auges dargestellte Loupe, wenn wir mit deren Hilfe den Augengrund ophthalmoscopisch prüfen. Ich habe schon vor Jahren darauf hingewiesen, dass „bei der Annahme der Möglichkeit einer grösseren Schwankung im Werthe der optischen Constanten es sich erklärt, dass die Vergrösserung, unter welcher z. B. der Sehnerveneintritt im emmetropischen Auge erscheint, bei verschiedenen Individuen beträchtliche Unterschiede aufweisen kann, ohne dass man desshalb annehmen müsste, dass der Grund in einer Verschiedenheit des anatomischen Durchmessers läge", dass man also in den Papillen emmetropischer Augen Details verschiedener Grösse zu unterscheiden im Stande sei, ohne dass der anatomische Durchmesser der in die Zusammensetzung der Papille eingehenden Theile ein verschiedener wäre. Auch die scheinbare Grösse der Papille wird demnach bei gleich bleibender Projectionsentfernung des virtuellen Bildes eine verschiedene sein je nach der Wirkung des dioptrischen Apparates und demnach je nach der Axenlänge (Schnabel). Es ist nun in der That höchst auffallend, wie sich die Verhältnisse in den extremen Fällen

gestalten. Papille und Netzhautgefässe zeigen manchmal bei Emmetropie eine auffallend bedeutende scheinbare Grösse. Details, wie die Streifung der Netzhaut in der Umgebung der Papille, die Fleckung der Lamina cribrosa, die weissen Streifen (Gefässwandungen) zur Seite der Gefässe treten auffallend deutlich hervor, während andererseits emmetropische Augen vorkommen, bei denen die Papille und die Netzhautgefässe (deren wirklicher Durchmesser ja sehr wenig unter physiologischen Verhältnissen schwankt) auffallend klein erscheinen. Im ersteren Falle hat das dioptrische System des Auges eine ungewöhnlich kurze, in letzterem Falle eine ungewöhnlich grosse hintere Brennweite, und da die Linse im Auge in ihren Werthen sehr wenig schwankt, die Differenz in der Grösse der Brennweiten also zumeist auf Rechnung der verschiedenen Grössen des Hornhautradius kommt, so kann man sich in solchen Augen auch immer durch ophthalmometrische Messung überzeugen, dass es sich um einen ungewöhnlich kleinen, resp. ungewöhnlich grossen Hornhautradius handelt. Erst unlängst untersuchte ich mit dem Spiegel die Augen eines jugendlichen Emmetropen, bei welchem der Augengrund so klein und unter so schwacher Vergrösserung erschien, dass ich die Aeusserung machte, die Vergrösserung sei eine so geringe, wie bei höherer Hypermetropie und das Ophthalmometer ergab rechts einen Radius der Hornhaut in der Gesichtslinie von 8·347, links von 8·309 $M^{m.}$ und bald darauf diagnosticirte ich in einem zweiten Fall nach der Spiegelvergrösserung den grossen Hornhautradius, der sich auch in der That gleich 8·232 $M^{m.}$ ergab.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass innerhalb gewisser Grenzen die Axenlänge allein nicht massgebend ist, um Ametropie von Emmetropie zu unterscheiden, ja dass diese Grenzen so weite sind, dass eine und dieselbe Axenlänge sowohl bei Emmetropie, als bei sehr hochgradiger Ametropie vorkommen kann. Betrachten wir die beiden extremen Werthe, die wir für Emmetropie finden: einen Hornhautradius von 8·04 $M^{m.}$ und eine Länge (bis zur Fovea) von 24·94 $M^{m.}$ einerseits und einen Hornhautradius von 6·95 $M^{m.}$ und eine Länge von 20·95 $M^{m.}$ andererseits. Geben wir nun dem ersten emmetropischen Auge mit der Länge von 24·94 $M^{m.}$ den Hornhautradius des zweiten Auges von 6·95 $M^{m.}$, so liegt der 2. Brennpunkt des dioptrischen Systems 4 $M^{m.}$ vor der percipirenden Netzhautschichte, das Auge ist hochgradig kurzsichtig; und geben wir andererseits dem zweiten Auge mit der Axenlänge von 20·95 $M^{m.}$ den Cornealradius (8·04 $M^{m.}$) des ersten Auges, dann liegt die percipi-

rende Netzhautschichte 4 $M^{m.}$ vor dem 2. Brennpunkt des dioptrischen Systems, das Auge ist höchstgradig hypermetropisch.

Sind wir aber berechtigt, im ersteren Falle die Myopie als durch zu starke Brechkraft des dioptrischen Apparates, im zweiten Falle die Hypermetropie als durch zu schwache Brechkraft des Systems erzeugt anzusehen? Das muss entschieden verneint werden. Wir müssen nämlich begreiflicher Weise für myopische und hypermetropische Augen dieselben Schwankungen im Hornhautradius zulassen, als sie sich thatsächlich bei emmetropischen Augen finden. Nur wenn bei Myopie kleinere, bei Hypermetropie grössere Radien vorkämen, als bei Emmetropie überhaupt zu finden sind, dann wäre in solchen Fällen im brechenden System mit Bestimmtheit die Ursache (wenn sie auch desshalb nicht die einzige sein müsste) für die Anomalie zu suchen. Nun können allerdings bei hochgradiger Hypermetropie grosse Radien vorkommen, ich fand z. B. unter Hypermetropen den grössten Radius von 8·24 $M^{m.}$ bei $H^1/_4$, es können andererseits bei hochgradiger Myopie kleinere Radien sich finden, ich fand z. B. bei einer $M^1/_{24}$ einen Hornhautradius von 7·398 $M^{m.}$, aber eben solche und nach beiden Seiten hin noch extremere Werthe kommen auch bei emmetropischen Augen vor. Um ganz genau zu sein, will ich hier gleich erwähnen, dass bei höchstgradiger Myopie, ohne dass Keratoconus da wäre, ein Hornhautradius gefunden werden kann von solcher Kleinheit, wie er bei Emmetropie niemals vorkommt. Aber diese starke Krümmung der Hornhaut ist, wie wir hören werden, nicht die Ursache der Myopie, sondern als die Folge der Axenverlängerung des Bulbus anzusehen, allerdings nun auch zur Steigerung der Myopie beitragend. Da also (mit Ausnahme des letzten, die Angelegenheit nicht beirrenden Falles) die Hornhautradien bei Ametropie kein anderes Verhalten zeigen, als bei Emmetropie, da ferner bisher durch nichts erwiesen ist, dass die Krystalllinse in ametropischen Augen andere Werthe als in emmetropischen habe, so muss ausgesprochen werden, dass es sich bei den typischen Ametropien um Anomalien der Axenlänge handle, wenngleich innerhalb bestimmter weiter Grenzen die absolute Grösse der Axenlänge die Ametropie nicht unmittelbar anzeigt.

Ueberschreiten die Axenlängen die Grenzen, welche den Längen des emmetropischen Auges factisch zukommen, dann ist man berechtigt aus der Axenlänge allein die Ametropie zu ersehen. Es ist jedes Auge, das eine Totalaxe von 27 $M^{m.}$ aufweist, myopisch, und jedes Auge, das eine kürzere Axe als 22 $M^{m.}$ bis zum hinteren Pol zeigt, hypermetropisch. Den ersteren Ausspruch wird gewiss Niemand anfeinden,

it dem letzteren aber stehen gewisse Beobachtungen im Widerspruche. s liegen nämlich mehrfache Messungen über sämmtliche Constanten s lebenden Auges vor, die sonderbare Resultate zu Tage gefördert ben. Die Untersuchungen an aphakischen Augen zeigen klar, dass a schematischen Auge die Wirkung der Linse viel zu gross angeommen ist. Schon Helmholtz[1]) sagt: „Sollte sich der Unterschied rischen todten und lebenden Linsen, den meine Messungen ergaben, s constant herausstellen, so würde Listing's schematisches Auge ahrscheinlich nur einem nahesehenden Auge entsprechen, und wir irden der Linse eines fernsehenden Auges eine grössere Brennweite d geringere Dicke beilegen müssen." In der That weicht das isting'sche Auge weit von dem wirklichen, nicht accommodirenden ge mit einem Hornhautradius von 8 M^{m}. ab. Es ist desshalb auflend, dass Helmholtz trotzdem seinem schematischen Auge eine ch kürzere hintere Brennweite und eine noch kürzere Axenlänge b, als Listing. In Listing's Auge ist $\varphi_2 = 20{\cdot}0746\ M^{m}$., in jenem n Helmholtz = 19·875 M^{m}. Listing's Auge hat eine Länge von ·647, das von Helmholtz eine solche von 22·231 M^{m}.. Wie sehr n Ein der Bestimmung zu Grunde gelegter Werth, der Brechungsdex der lebenden Linse nämlich, von der Wirklichkeit abweichen uss; wie sehr der Werth von $^{16}/_{11}$, wenn gleich Helmholtz für zwei dte Linsen einen nahezu identischen fand, für den Index der lebenn Linse zu hoch gegriffen ist; wie richtig der von v. Jäger[2]) aus inen Beobachtungen gezogene Schluss ist, dass nämlich das Linsenstem „schon wenige Stunden nach dem Tode nicht mehr dem aus dem benden Auge herausgenommenen Linsensysteme gleicht," das zeigen rade die Bestimmungen der Constanten von lebenden Augen. Alle thwendigen Berechnungsstücke lassen sich mit mehr oder weniger grösrer Genauigkeit bestimmen, mit Ausnahme der Brechungsexponenten r Augenmedien. Beim Brechungsexponenten des Kammerwassers und s Glaskörpers kann es sich aber um einen irgendwie in Betracht komenden Fehler nicht handeln. Listing nahm für Kammerwasser und laskörper den Index gleich gross und zwar $= \frac{103}{77}$. Helmholtz fand rch directe Bestimmung den Index des Kammerwassers etwas kleiner, s jenen des Glaskörpers, den ersteren = 1·3365, den letzteren = 1·3382. leischer und Hirschberg hingegen fanden das Kammerwasser

[1]) Phys. Optik pag. 84.

[2]) Einstellungen des dioptrischen Apparates. pag. 135.

stärker brechend, als den Glaskörper. Der Mittelwerth Hirschberg's beträgt für Kammerwasser 1·3374, für Glaskörper 1·3360[1]). Wenn wir daher für unsere Berechnungen bei Aphakie den Listing'schen Werth für Kammerwasser und Glaskörper = 1·3377 annehmen, so können wir dabei keinen nennenswerthen Fehler begehen. Es muss desshalb offenbar der fehlerhaft angenommene Brechungsindex der Linse es verschulden, dass die Resultate bei der Bestimmung sämmtlicher Constanten des lebenden Auges offenkundig unrichtig sind. Es sind nämlich durchgehends die Werthe für die Brennweiten etc. des Auges viel zu klein ausgefallen, es ist in specie, was uns hier zunächst interessirt, der Abstand des hinteren Brennpunktes vom vorderen Hornhautpol, resp. die Axenlänge in nicht zutreffenden Maassen gegeben. Knapp, der eine Forscher, von welchem vier solche Messungen vorliegen, ist sich übrigens der zu geringen Werthe und auch der möglichen, in der Linse liegenden Fehlerquellen bewusst geworden[2]); Adamük und Woinow[3]) jedoch, die zweiten Forscher, welche die Krümmungsradien der Linse in exacterer Weise zu bestimmen in der Lage waren, haben ohne Bemerkung die, man kann wohl sagen, nicht möglichen Resultate, die sich bei der Annahme des Linsenbrechungsindex = $^{16}/_{11}$ ergaben, passiren lassen. Noch dazu waren die 4 gemessenen Individuen Presbyopen, im Alter von 52, 54, 57, 58 Jahren. Jenseits der Mitte der 50 Jahre nimmt aber die Brechkraft der Linse ab. Daher sind die gewonnenen Zahlen um so auffallender. Zwar ist in 3 Fällen die Brechkraft des dioptrischen Systems nicht in der Gesichtslinie, sondern im Scheitel der Hornhautellipse bestimmt, aber es weichen in zwei Fällen die Radien der Hornhaut in der Gesichtslinie und im Ellipsenscheitel nur unbedeutend ab, im dritten Falle, in welchem der Winkel α c. $7^1/_2{}^0$ beträgt, sind die zwei Radien allerdings wesentlich differirend, aber trotzdem wissen wir, dass $7—8^0$ von der Fovea centralis (und wohl auch noch etwas weiter[4]) dieselbe Refraction, wie an der Fovea herrscht und dass an solchen zwei Stellen die Axenlängen nicht differiren. Daher sind die angegebenen Maasse auch in der Richtung der Gesichtslinie giltig. Da zeigt sich für ein emmetropisches Auge eines 57jährigen bei einem Hornhautradius von **7·23529** M$^{m.}$ ein Abstand des hinteren Brennpunktes vom Hornhautscheitel (also eine Axenlänge von) 20·97176 M$^{m.}$. Da bietet ein Auge mit $M^1/_{30}$ und einem Hornhautradius von **7·7023** M$^{m.}$ in der

[1]) Med. Centralblatt Nr. 13, 14. März 1874.
[2]) Graefe's Archiv VI. 2. pag. 49.
[3]) Graefe's Archiv XVI. pag. 144.
[4]) S. pag. 214.

Gesichtslinie einen Abstand des hinteren Brennpunktes vom Hornhautscheitel = 20·55375 M^{m}· dar. Für dieses Auge ist φ_1 = 14·0595 φ_2 = 18·7905 M^{m}· berechnet. Die Netzhaut liegt dann für $M^1/_{30}$, wobei der Fernpunkt 30″ von dem $^1/_4$″ vor der Hornhaut stehenden Correctionsglase, also 813 + 6·77 = 819·77 M^{m}· von der Hornhaut abstehend genommen wird (übrigens kommt es auf 10 Millimeter mehr oder weniger gar nicht an) und in Anbetracht der gegebenen Lage des ersten Brennpunktes vor der Hornhaut (= 12·66853 M^{m}·), — die Netzhaut liegt dann 0·327326 M^{m}· hinter dem hinteren Brennpunkte, die Axenlänge dieses Auge mit $M^1/_{30}$ und einem Hornhautradius von 7·7 M^{m}· in der Gesichtslinie beträgt 20·881 M^{m}· und wenn wir noch 1·3 M^{m}· zugeben, 22·181 M^{m}· bis zur hinteren Lederhautfläche. Es kann aber in scharfer Weise gezeigt werden, dass etwas Derartiges unmöglich ist. Wir können, wenn uns die Axenlänge des Auges und der Radius in der Gesichtslinie bekannt ist, genau berechnen, welche Hypermetropie ein solches Auge hätte, wenn man ihm die Linse entnimmt und daher welches Convexglas es dann zu seiner Correction bedürfte [1]). Das Resultat ist, dass ein solches Auge, wenn man das Correctionsglas 9 Millimeter vor die Hornhaut stellt, zur Correction ein Glas von nahezu zwei Zoll B. W. (genau von 2·157 P. Z. B. W.) nöthig hätte. Nun ist mir überhaupt nie ein an Cataracta operirtes Auge untergekommen, welches durch ein derartiges Glas corrigirt worden wäre, wiewohl bei präexistenter hochgradiger Hypermetropie, wenn einmal ein solches Auge an Cataracta operirt wird, begreiflicher Weise solche Gläser in Verwendung kommen können. Aber dass ein emmetropisches Auge oder gar ein Auge mit schwacher Myopie, der Linse beraubt, zur Correction eines Glases von $2^1/_6$″ B. W. nöthig hätte, das ist niemals vorgekommen, das wird und kann nie vorkommen. Ganz dieselben offenbar den Thatsachen nicht entsprechenden Resultate liefern zwei Bestimmungen von Mandelstamm und Schöler [2]). Ob Woinow's Messungen an kindlichen Augen [3]) der Wahrheit näher kommen, ob in Kindesaugen der Brechungsindex der Linse grösser ist, mag dahingestellt bleiben. Doch siehe! Soeben erhalte ich die gerade erschienene erste Abtheilung des XX. Bandes von v. Graefe's Archiv für Ophthalmologie. Ich ersehe aus der in diesem Buche enthaltenen Arbeit Reich's zu meiner Befriedigung, dass Helmholtz neuestens die Werthe des schematischen

[1]) S. pag. 240.

[2]) Graefe's Archiv XVIII. 1. pag. 179.

[3]) Bericht über den Londoner Congress 1872. Englische Ausgabe pag. 56, franz. Ausgabe pag. 60.

Auges nach der entsprechenden Richtung hin geändert hat. Für die Hornhaut ist ein kleinerer Radius: 7·829 M^{m}· (statt 8), für die Linse ein kleinerer Brechungsindex: 1·4371 (statt $\frac{16}{11} = 1{\cdot}4545$) genommen. Die Brennweite der (ruhenden) Linse in Kammerwasser hat sich in Folge dessen von 43·707 auf 50·671 M^{m}·, die hintere Brennweite des Auges von 19·875 auf 20·719 und der Abstand des hintern Brennpunktes vom vordern Hornhautpol (die Länge der Augenaxe bis zur Netzhaut) von 22·231 auf 22·834 M^{m}· vergrössert. Das jetzige schematische Auge von Helmholtz ist demnach länger als das Listing'sche, aber offenbar noch immer zu kurz, denn ein Auge mit einem Hornhautradius von 7·829 M^{m}·, den Werth der Linse $= \frac{1}{2{\cdot}6}$ und den Brechungsindex des Kammerwassers sowie des Glaskörpers mit Helmholtz = 1·3365 genommen, hat noch immer eine Axenlänge (bis zur Retina) von 24·021 M^{m}·, daher erscheint der Werth der lebenden Linse noch immer zu hoch veranschlagt. Demzufolge sind auch die betreffenden von Reich auf Grundlage des modificirten Helmholtz'schen Auges an Lebenden gewonnenen Werthe noch immer zu klein, wenngleich Reich's Werthe für die Brennweite der Linse in Kammerwasser die grössten sind, die bisher gefunden wurden. Die Brennweite der lebenden Linse in Kammerwasser wurde bestimmt

von Knapp	= 38·176	37·706	41·449	43·133	M^{m}·
„ Adamük und Woinow	= 44·779	46·357	49·721	48·287	„
„ Mandelstamm u. Schoeler	= 44·190	44·866			„
dagegen von Reich	= 54·494	49·063	53·959		„

Wir haben uns, meine Herren! diese Auseinandersetzungen nicht verdriessen lassen, um zu zeigen, dass die bisherigen Messungen an lebenden, mit Linsen versehenen Augen so beschaffen sind, dass wir von denselben bei unseren gegenwärtigen Betrachtungen ganz absehen können. Wir werden nach unseren Befunden nicht blos jedes Auge mit einer Axenlänge von 27 M^{m}· als myopisch, sondern auch jedes mit einer Länge unter 22 M^{m}· als hypermetropisch ansehen. Es würde natürlich das höchste Interesse bieten, wenn bei Untersuchung von Axenlängen herausgenommener Augen die dem Auge eigenthümliche Refraction während des Lebens genau bestimmt worden wäre. In dieser Beziehung liegen für das hypermetropische Auge, soviel mir bekannt ist, gar keine, für das myopische nur spärliche Daten (einzelne v. Jaeger's) vor. Die grössten Axenlängen, die überhaupt

gefunden wurden, reichen bis 34 $M^{m.}$ (Iwanoff), ja bis 38 $M^{m.}$ (v. Hasner); an Augen erwachsener Individuen fand Iwanoff anderseits Axen, die nur 19—20 $M^{m.}$ massen. In Betreff der durch Axenänderung erreichbaren Grade von Ametropie muss Folgendes bemerkt werden. Der Grad von Myopie, der durch Axenänderung, Verlängerung des Bulbus erzeugt werden kann, ist ein begrenzter, während Krümmungszunahme der Hornhaut jeden beliebigen Grad von Myopie bedingen kann. Andererseits ist der Grad der Hypermetropie, welcher durch schwächere Hornhautkrümmung hervorgerufen werden kann, ein begrenzter, unbegrenzt aber der Grad, der durch Axenverkürzung erzeugt zu werden vermag.

Was die Myopie durch Axenverlängerung anlangt, so sagt Donders[1]): „Myopie kommt in allen Abstufungen zwischen E und $M\frac{1}{1\cdot3}$ und wahrscheinlich noch höher vor.“ Er gibt dann später für ein Auge mit $M\frac{1}{1\cdot648}$ einen Hornhautradius in der Gesichtslinie von 8·21 $M^{m.}$ an. Es lässt sich die Axenlänge dieses Auges leicht sehr annähernd berechnen. Nehmen wir für die Linse ihren grössten Werth, der ihr nach meinen Erfahrungen an Aphakischen zukommt, also einen Werth $=\frac{1}{2\cdot6}$, so wird das genannte Auge nach der Entfernung der Linse noch $M\frac{1}{1\cdot648}-\frac{1}{2\cdot6}$, d. i. genau $M\frac{1}{4\cdot5}$ darbieten. Für ein aphakisches Auge mit $M\frac{1}{4\cdot5}$ lässt sich die Axenlänge leicht berechnen, sie beträgt bis zur percipirenden Netzhautschichte 41·223 $M^{m.}$ und wenn wir die Dicke der verdünnten Augenhäute am hinteren Pol nur mit 0·777 $M^{m.}$ annehmen, so ergibt sich für jenes Auge mit $M\frac{1}{1\cdot648}$ die respectable Axenlänge von 42 Millimetern. Man sieht daraus, dass, da die Axenverlängerung des Bulbus denn doch irgendwo ihre Grenze haben muss, damit auch eine Grenze für die durch Axenverlängerung erzeugte Myopie aufgerichtet ist. Donders meint, dass wahrscheinlich noch höhere Grade von M als $M\frac{1}{1\cdot3}$ vorkommen. Sehr viel

[1]) l. c. pag. 285.

höhere können aber nicht mehr vorkommen. Rückt der Fernpunkt noch um 0·3″ (was einer Steigerung der Myopie um $^1/_{3^1/_3}$ entspricht) heran, so besteht $M\,^1/_1$. Damit aber das Helmholtz'sche Auge in ein solches mit $M\,^1/_1$ umgewandelt würde, müsste seine Axe um nicht weniger als 40·872 M^m. zunehmen, seine Länge also bis zur percipirenden Schichte 40·872 + 22·231 = 63·103 M^m. betragen. Und doch musste nach der bisher geläufigen Ansicht, dass bei den höchsten Graden von Myopie sich die grössten Hornhautradien finden und in Anbetracht der viel zu starken Wirkung der Linse im Helmholtz'schen Auge sogar eine noch grössere Axenlänge für $M\,^1/_1$ vermuthet werden. Auf der anderen Seite können die excessivsten Grade von Myopie durch Krümmungsänderung des Radius im Centrum der Hornhaut hervorgerufen werden, wie sie bei Keratoconus factisch vorkommen.

In Betreff der Hypermetropie gilt begreiflicherweise das Entgegengesetzte. Die Folge der Abflachung der Hornhaut erreicht in der verschwindenden Wirkung der Hornhaut ihre Grenze. Tauchen wir das Auge in ein mit planparallelen Glaswänden begrenztes, gegen das Auge hin offenes Kästchen mit Wasser (Orthoscop) und öffnen wir das Auge unter Wasser, dann befindet sich vor und hinter der Cornea Flüssigkeit von, wir wollen sagen gleichem Brechungsindex, und da die Hornhaut als solche als unwirksames uhrglasförmiges Gebilde anzusehen ist, so ist damit der höchste Grad von Hypermetropie im Auge erzeugt, der durch Abflachung der Hornhaut hervorgerufen werden könnte. Durch Axenverkürzung jedoch kann die Hypermetropie beliebig wachsen, sie ist im wahren Mikrophthalmus mit noch theilweise erhaltenem Sehvermögen auch noch in ihrer Hochgradigkeit durch Gläser nachzuweisen, und würde in einer mikrophthalmischen Missbildung, in welcher das Netzhautrudiment an den hinteren Linsenpol reichte, gleichsam unendlich gross werden.

Wenn wir hiermit das was über die dioptrischen Verhältnisse und die Axenlängen bei Em- und Ametropie uns bekannt ist, in den Grundprincipien erörtert haben, so ist doch damit noch Nichts über das Wesen der Ametropie gesagt: Ein emmetropisches Auge ist so ziemlich gleich vollkommen, ob es bei geringer Brechkraft eine grosse Axenlänge oder bei grosser Brechkraft eine geringe Axenlänge aufweist. Höchstens wird im ersteren Falle, weil wegen der grösseren Axenlänge die Netzhautbilder grösser sind, die Sehschärfe etwas grösser sein. Es wäre daher gar nichts Besonderes, wenn einmal mit grosser Axenlänge, wie sie bei Emmetropie vorkommen kann, grosse Brechkraft, und ein

andermal mit der geringsten bei Emmetropie noch vorkommenden Axenlänge geringe Brechkraft des dioptrischen Systems combinirt wäre, ohne dass dabei die Netzhaut sich anders verhielte, als in emmetropischen Augen mit den gleichen Axenlängen. Dann wäre das entsprechende hochgradig myopische Auge, sowie das entsprechende höchstgradig hypermetropische Auge ein Auge, in welchem die Netzhaut so normal wie in emmetropischen Augen functioniren würde und dessen optischer Fehler nur darin bestände, dass bei beendeter Entwicklung des Auges dioptrisches System und Axenlänge nicht zusammenpassten, wiewohl an und für sich sowohl das erstere, als die letztere bei Emmetropie vorkommen. Daraus würde hervorgehen, dass ein solches myopische Auge z. B. bei der Prüfung in seinem Fernpunkte dieselbe Sehschärfe hätte, wie das für die gleiche Entfernung accommodirende emmetropische Auge von der gleichen Axenlänge, und dass das z. B. für die Ferne accommodirende hypermetropische Auge dieselbe Sehschärfe hätte, wie das emmetropische von gleicher Axenlänge bei der Fernprüfung. Solche Augen scheinen aber wunderbarer Weise gar nicht vorzukommen. Denn hochgradig myopische, noch mehr hochgradig hypermetropische Augen mit Axenlängen, die noch bei Emmetropie vorkommen, haben nach meiner Erfahrung fast immer eine auffallend herabgesetzte Sehschärfe und in den wenigen Fällen, in denen ich bei hochgradiger Myopie eine grosse Sehschärfe vorfand, konnte nachgewiesen werden, dass es sich nicht um das in Rede stehende Missverhältniss normaler Bildungen handelte. Wir werden das gleich besser verstehen. Es sei noch erwähnt, dass wenn bei Hypermetropie und Myopie Axenlängen auftreten, die sich bei Emmetropie überhaupt nicht finden, dann die Herabsetzung der Sehschärfe sowohl bei Hypermetropie, als Myopie noch mehr ausgesprochen ist, obwohl im ersteren Falle nur unbedeutend kleinere[1]) Netzhautbilder, in letzterem Falle[2]) grössere Netzhautbilder als bei Emmetropie zu Stande kommen.

An geringgradiger Ametropie ist Nichts zu erweisen. Aber bei hochgradiger Hypermetropie ist, so viele Fälle ich davon gesehen habe, das Auge immer ein unvollkommen entwickeltes, die Netzhautzapfen immer unvollkommen functionirend, wiewohl die Axenlänge, wenn der Hornhautradius gross ist, nicht blos gleich, sondern sogar grösser sein kann, als in einem emmetropischen Auge mit starkbrechendem System,

[1]) pag. 164.
[2]) pag. 136

die Netzhautausbreitung in toto also keine geringere ist, als im letztgenannten Auge. Ebenso ist die Myopie kein einfacher Loupenfehler wegen fehlerhafter Lage des Schirmes. Selbst in jenen myopischen Augen, in welchen die Axenlänge nicht die bei Emmetropie vorkommende überschreitet, kann man mit dem Augenspiegel oft ein Zeichen sehen, dass die Myopie durch pathologische Verlängerung des Auges zu Stande gekommen und in den nicht zu seltenen Fällen hochgradiger Myopie, in welchen das genannte Zeichen fehlt, kann man doch nicht mit Bestimmtheit sagen, dass es sich hierbei um ein im Verhältnisse zur Brechkraft des dioptrischen Systems zu gross angelegtes Auge handle. Diese letzteren Fälle haben immer mein besonderes Interresse erregt, indem ich immer hoffte, Augen zu finden, die beim Mangel eines auf Dehnung der Augenhäute deutenden Zeichens sich durch ihre Sehschärfe als wahre myopische Patricier gegenüber der armseligen Plebs gedehnter Augen documentiren würden. Bis jetzt könnte ich aber meine Hoffnung nicht für erfüllt halten. Zwar kommt hie und da ein solches Auge mit normaler Sehschärfe vor. Aber im Allgemeinen boten die genannten Augen eine so geringe Sehschärfe dar, ja verschmähten es mitunter sogar nicht einmal, Nystagmus zu zeigen, dass ihnen jener Ehrenrang im Allgemeinen nicht zugesprochen werden kann. Jene wenigen hochgradig myopischen Augen, welche durch besonders grosse Sehschärfe noch die myopische Ehre retten, wozu auch meine eigenen gehören, sind, soviel ich davon sah, mit der Signatur der Augendehnung, mit dem sogen. Conus versehen.

Natürlich ist es Aufgabe der pathologischen Anatomie, uns über die Ursachen dieser Erscheinungen zu belehren. Aber, soviel mir bekannt, liegen Untersuchungen über hochgradig hypermetropische Augen ebensowenig vor, als von solchen hochgradig myopischen Augen, die das Zeichen der Aderhautatrophie nicht zeigen. Myopische Augen mit Aderhautatrophie wurden genug untersucht, aber über den wichtigsten Punkt, das Verhalten der Netzhaut, sind die Angaben sehr spärlich.

Die Anomalie des Auges bei Myopie wird im Allgemeinen als Staphyloma posticum scleroticae beschrieben und das mit dem Augenspiegel sichtbare Zeichen des Staphyloms ist der sogenannte Conus. Jedoch darf man bei dem Namen des hinteren Scleralstaphyloms nicht an eine locale Ausbuchtung der Sclerotica, um die es sich in den seltensten Fällen handelt, denken, sondern an eine mehr gleichmässige Ausdehnung des hinteren Augapfelabschnittes, dessen Wände glatt bleiben. Die stärkste Ausdehnung der Lederhaut liegt gewöhnlich im hinteren Pol des Auges und es kann an dieser Stelle die Sclerotica so dünn wie Postpapier

werden, analog der Verdünnung, welche die Hornhaut beim Keratoconus, dem sogenannten Staphyloma pellucidum conicum corneae, erfahren kann. Der längste Durchmesser des myopischen Auges muss übrigens nicht genau der Diameter antero-posterior sein, es zeigt sich auch ein davon abweichender, sogar ein um 15° nach innen gerichteter, also das Centrum des Sehnerveneintritts treffender oder gar ein solcher, der mit seinem hinteren Ende über den Sehnerven hinaus an dessen innere Seite fällt, als der grösste (v. Jaeger). Bei jenem Zustande, welchen man Myopie nennt, der also von den mit Myopie einhergehenden anderweitigen Veränderungen des Auges, in specie vom Buphthalmus, der mit höchstgradiger Myopie combinirt sein kann, zu unterscheiden ist, ist fast immer der Diameter antero-posterior vornehmlich, der Aequatorialdurchmesser in untergeordneter Weise vergrössert, die Form des ganzen Auges nähert sich der Eiform und es zeigt, wenn gleich der Durchmesser im Aequator bulbi zugenommen hat, bei hochgradiger Myopie der frontale Durchmesser des Auges, einige Millimeter vom Cornealrande genommen, keinen grösseren, sondern den gleichen oder einen kleineren Werth als bei Normalaugen, weil in solchen Fällen auch der vordere Abschnitt des Bulbus in ähnlicher Weise, wenn auch nicht so stark, wie das hintere Segment gedehnt ist.

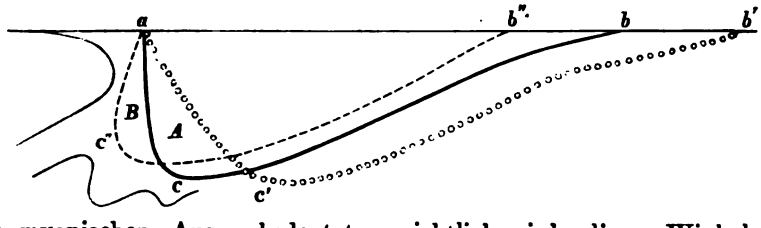
Die Dehnung der Sclerotica ist schon durch die Verdünnung derselben gekennzeichnet, die Dehnung der der Sclerotica zunächst nach innen anliegenden Membran, der Chorioidea, bedingt wesentliche anatomische Veränderungen in derselben. Dieselben sind zumeist in der Gegend des hinteren Augenpols anzufinden, oder finden sich da ausschliesslich vor. Die Partie der Chorioidea, welche sich an den äusseren Rand des Sehnerven anschliesst, also zwischen diesem und der Macula lutea gelegen ist, diese ist es, welche, wie Ihnen, meine Herren! schon aus der Augenspiegellehre bekannt ist, die wesentlichsten Veränderungen eingeht. In einer den äusseren Sehnervenrand zunächst mondsichelförmig begrenzenden Figur betheiligen sich die einzelnen Aderhautschichten in folgender Weise an dem atrophischen Processe. Es kann zunächst in den Zellen des Chorioidealepithels das Pigment schwinden, die Zellen ändern ihre Gestalt und verschwinden endlich ganz. Indem dabei an der Grenze der Sichel, dem sogenannten Conus, eine massenhaftere Pigmententwicklung stattfindet, erscheint bei der Augenspiegelprüfung im Bereiche der schwarzumsäumten Sichel das Convolut der Chorioidealstromagefässe. Doch werden wir später hören, welche ganz andere Deutung diesem Befunde in neuester Zeit durch Schnabel gegeben wird. Der atrophische Process schreitet weiter. Das Stroma der Gefässschicht wird in

Mitleidenschaft gezogen. Die pigmentirten verästelten Zellen verlieren zum Theil ihr Pigment, bleiben aber als solche erhalten, die Gefässe zeigen noch keine wesentliche Alteration; nur wegen der Dehnung der Membran ist ihr Verlauf ein gestreckter; die Intervascularräume sind grösser. Ophthalmoscopisch tritt jetzt ein weisslicher oder doch weissgelblicher Grundton in der Farbe des Conus hervor, braune oder grauschwarze Flecken von rhomboider oder dreieckiger Form mit sehr regelmässigen Zwischenräumen deuten auf die Reste der Stromapigments und die nahezu normale Gefässanordnung ist noch unverkennbar. Immer weiter schreitet die Atrophie, welche übrigens in einzelnen Fällen mit dem Schwunde des Stromapigments den Anfang macht. An der Stelle des Conus kommt es in der Regel zu den Zeichen des höchstgradigen Schwundes. Das Häutchen, in welches die Aderhaut da verwandelt wird, ist so dünn, dass v. Graefe[1]) ursprünglich glaubte, dass die Chorioidea an der Stelle des Conus vollkommen fehlen könne und die Retina von der Sclera durch keine Aderhaut mehr geschieden sei. Spätere Untersuchungen haben aber gezeigt, dass dem nicht so sei. Die Aderhaut lässt sich bei gehöriger Vorsicht auch noch im Zustande grösster Verdünnung als solche demonstriren, sie erscheint dabei nahezu structurlos oder leicht streifig; Epithel, Choriocapillaris, Stromazellen sind verödet, einige Pigmenthäufchen und Reste von der Lamina elastica können noch erkennbar sein; was aber auffallender Weise unter dem Mikroscop sich gut erhalten zeigt, das sind die Wandungen der Stromagefässe, doch kann, wie der Augenspiegelbefund lehrt, in einem gewissen Stadium der Atrophie kein Blut mehr in den Gefässen circuliren. So wie die Atrophie der Aderhaut hohe Grade erreicht, wird, da die Sclerotica nun mehr allein die Grundfarbe des Conus bestimmt, derselbe in toto glänzend- oder grünlich- oder bläulichweiss. Häufig sind aber noch, wenn man im aufrechten Bilde genau zusieht, fleckige Zeichnungen entsprechend den Resten des Intervascularpigments wahrzunehmen, während die weissen bandförmigen Streifen dazwischen den Gang der Gefässe anzeigen. Man sieht jedoch keine Blutfarbe mehr an den Gefässen. Endlich kann es dahin kommen, dass auch von diesen Resten vergangener Bildungen auf der weissen Fläche nichts mehr zu erkennen ist. In der Umgebung des Conus kann die Aderhaut normal sein oder noch geringe Zeichen von Atrophie zeigen. Im Aequator bulbi und in ihren vorderen Abschnitten weist die Chorioidea bei nicht complicirter Myopie keine nennenswerthen Abweichungen auf. Nur ist das Pigment im Epithel bei hoher Myopie gewöhnlich verschwunden.

[1]) Dessen Archiv I. 1. pag. 396.

Dagegen verdient der Ciliarmuskel des hochgradig myopischen Auges noch einige Beachtung. Sowie die Iris und Linse zurückgerückt erscheint, so zeigt sich auch der Ciliarmuskel (nach Iwanoff bedeutend) nach hinten gerückt, dabei viel länger und viel dicker als im normalen Zustande (Arlt, Iwanoff), im Gegensatze zu den Angaben von v. Jaeger und Donders, welche den Ciliarmuskel zwar auch länger, aber dünner fanden. An Iwanoff's Präparaten sieht man überzeugend, dass die Verdickung des Ciliarmuskels nicht etwa eine scheinbare, von Hypertrophie des Bindegewebes abhängige, sondern die Folge der Verdickung und Verlängerung der Muskelbündel sei. Dabei zeigt sich, dass während, wie wir sahen [1]), im emmetropischen Auge die Scleralseite und Irisseite des Ciliarmuskels in einem rechten Winkel zusammenstossen, im myopischen Auge, wie dies aus der, einer Abbildung Iwanoff's entnommenen Fig. 60, in welcher *a b' c'* den Ciliarmuskel

Fig. 60.



des myopischen Auges bedeutet, ersichtlich wird, dieser Winkel ein spitzer ist, indem die Irisseite des Muskels, statt senkrecht auf der äusseren (der Scleral-) Seite zu stehen, schief nach hinten abfällt. Diese Formveränderung ist aber weniger wesentlich als der qualitative Unterschied zwischen dem Ciliarmuskel des Emmetropen und Myopen. Wir wissen, dass längs der Dreieckseite *ac* des Ciliarmuskels im Normalauge Cirkelfasern liegen, welche in geringer Mächtigkeit sich längs der ganzen gegen die Ciliarfortsätze gerichteten (Innen-) Seite *cb* fortspinnen. Im myopischen Auge konnte aber Iwanoff diese Cirkelfasern nicht finden. Namentlich sind gerade die mächtigen Cirkelfasern der Vorderseite (*a c'*) abhanden gekommen, während im Winkel bei *c'*, sowie längs der Seite *c' b'* zuweilen einige Reste derselben gefunden wurden. Der ganze Ciliarmuskel des myopischen Auges ist demnach aus meridionalen (von vorn nach rückwärts verlaufenden) Fasern zusammengesetzt, welche längs der Scleralseite (wie im Normalauge)

[1]) pag. 23 und Fig. 6.

als dichte Muskelplatte direct nach rückwärts laufen, während sie, je mehr nach innen liegend, desto mehr bogenförmig geschwungen sind, mit einander vielfach anastomosirend.

Der Uvaltract des myopischen Auges ist relativ gut gekannt. Von der Netzhaut des Myopen lässt sich aber etwas Aehnliches nicht nachrühmen. Das was man weiss, ist Folgendes. Die Ausdehnung des Bulbus kann zunächst in der Anordnung der Nervenfasern bei deren Eintritte in das Auge eine Aenderung hervorbringen. Die Ausdehnung der Sclerotica, die schon in der Abrückung des Scleralgefässkranzes vom Sehnerven ihren Ausdruck findet, nebst der Verdünnung der Chorioidea hat zur Folge, dass der Canal, in welchem die Sehnervenfasern innerhalb des Auges verlaufen, sich verkürzt. Schon innerhalb der Lamina cribrosa und besonders nach dem Durchtritte durch dieselbe verlaufen die marklosen Sehnervenfasern nicht senkrecht gegen die Fläche der Netzhaut, wie gewöhnlich, sondern in mehr schiefer Richtung gegen die Stelle der grössten Ectasie, also nach aussen dem hinteren Pole des Auges zu, durch welches Verhalten in der That die Höhe des intraoculären Sehnervenkopfes, entsprechend der geringeren Länge des Canals, abnimmt. Jene Fasern, welche nach der, der Ectasie entgegengesetzten Seite, also nach innen zu wandern haben, biegen erst in der Ebene der Netzhaut um. Bei dieser Verschiebung des intraoculären Sehnervenendes nach der Seite der Ectasie kann es sich ereignen, dass das Epithelpigment der Aderhaut, das ja der Entwicklungsgeschichte nach zur Netzhaut gehört und desshalb nach Max Schultze gegenwärtig auch als Pigmentschicht der Netzhaut geführt wird, über den der Ectasie entgegengesetzten Rand der Papille eine Strecke weit verschoben wird. Dadurch ist auch das ophthalmoscopische Bild der sogenannten Netzhautverschiebung bei seitlicher Conusbildung erklärt. Dem Conus gegenüber zeigt sich nämlich bisweilen am Sehnervenrande eine zweite aber nicht weisse Sichel, als wäre vom normalen Sehnervenquerschnitt ein Segment abgeschnitten. Der horizontale Durchmesser der Papille ist auffallend verkürzt, die Gefässpforte der Grenze der letztgenannten Sichel genähert, also scheinbar stark nach innen verschoben. Die dem Conus entgegengesetzte Sichel lässt die Farbe des Sehnerven durchscheinen und zeigt einzelne von dem herübergezogenen Aderhautpigment herrührende Flecken (v. Jaeger). v. Hasner erwähnt ferner schon, dass an den Grenzen der Ectasie manchmal der Zusammenhang der Retina und Chorioidea inniger als gewöhnlich sei. Iwanoff sagt, dass an der Sichelgrenze die Netzhaut gewöhnlich mit der Aderhaut verwachsen sei; doch dürfte dies wohl nur für

sehr hochgradige Myopie Geltung haben. Nimmt nun, nachdem die Verwachsung stattgefunden hat, die Ausdehnung zu, wobei der äussere, gegen den hinteren Pol gekehrte Rand der Sichel noch mehr nach rückwärts weicht, so wird die verwachsene Netzhaut (zunächst mit ihren äusseren Schichten) mitgezogen und es kann dies darin seinen Ausdruck finden, dass die Radialfasern nicht mehr senkrecht durch die Netzhaut verlaufen, sondern eine schiefe Richtung annehmen, so zwar dass ihre inneren Enden gegen den Sehnervenrand, ihre äusseren gegen den Bulbuspol gerichtet sind. Ein solches Verhalten der Radialfasern wurde auch wirklich einigemal in myopischen Augen gefunden (Horner, Iwanoff). Diese einzelnen Thatsachen in Betreff der Netzhaut sind recht interessant, aber für die Erklärung der Netzhautfunction des myopischen Auges ziemlich irrelevant. Wie sich nämlich die Zapfenschichte an der Stelle des gelben Flecks, in specie der Fovea centralis verhält, darüber weiss man nichts, oder vielmehr man fand in diesen Partien bei einfacher Myopie keine Abnormität. Und doch müssen hier essentielle Veränderungen in den einzelnen Zapfen vorgehen, wie aus der in der Regel so bedeutenden Herabsetzung des Sehvermögens bei hochger Myopie ersichtlich ist.

Ueber Veränderungen von Linse und Glaskörper als Folgen einfacher Myopie ist Nichts bekannt und so erübrigt nur noch, von jener Alteration zu sprechen, die man ausserhalb des Auges an der Eintrittsstelle des Sehnerven bei Myopie gefunden hat. Der Sehnerv ist, wie bekannt, von zwei Scheiden umgeben, deren innere dem Nerven fest anhaftet, von der äusseren Scheide aber durch den Scheidenzwischenraum, welcher in neuerer Zeit als Lymphraum eine gewisse Celebrität erlangt hat, getrennt ist. Die äussere Scheide geht, am Auge angelangt, in die äusseren Fasern der Sclerotica über. Wird nun die Sclerotica im hinteren Pol des Auges gedehnt, entfernt sich der letztere von der Eintrittsstelle des Sehnerven, dann muss auch die äussere Sehnervenscheide vom Opticusstamme, knapp am Bulbus hinweggezogen werden und dadurch eine Erweiterung des blinden Endes des Scheidenzwischenraumes entstehen. Diese Erweiterung kann eine kolbige sein oder eine spaltförmige, wobei sich die Spalte in einer auf der ursprünglichen Richtung des Scheidenzwischenraumes senkrechten zwischen die Lagen der Lederhaut hineinzieht. Diese Ausdehnung kann, wenn die Dehnung der Sclerotica sich auf den vom Sehnerv gegen den hinteren Augenpol hin gerichteten Theil beschränkt, auf die äussere Hälfte des Scheidenraumes beschränkt sein, dagegen den letzteren ringsum betreffen, wenn die Sclera rings um den Sehnerven gedehnt wird. Hebt sich die äussere Scheide

von der inneren ab, so liegt an der erweiterten Stelle eine relativ dünne, durch die äussere Scheide nicht mehr gestützte Partie der Lederhaut, welche nun die geringste Resistenz von allen Partien der Sclerotica aufweisen und daher durch den intraoculären Druck zumeist gedehnt werden wird. Da am Rande des Sehnerven die Aderhaut fest haftet und in der Gegend des hinteren Pols mit der Sclerotica durch die eintretenden Gefässe und Nerven ebenfalls fester verbunden ist, so kann sich die Partie der Aderhaut, welche vom Sehnervenrande gegen den hinteren Augenpol zu gelegen ist, der Dehnung der dahinter gelegenen Lederhaut durch Verschiebung auf der letzteren nicht entziehen. Da nun gerade an dieser Stelle die der Stütze der äusseren Sehnervenscheide beraubte Sclerotica die grösste Dehnung erfährt, so wird auch die entsprechende Aderhautpartie die grösste Dehnung erfahren und desshalb die atrophische Sichel am äusseren Nervenrande auftreten. Wenn in der Erweiterung des Scheidenzwischenraumes das Hauptmoment für Dehnung der Sclerotica und Atrophie der Aderhaut an der betreffenden Stelle gegeben ist, so wird, falls eine ringförmige Erweiterung dieses Raumes bei beginnender Ausdehnung stattfindet, ein circulus vitiosus gesetzt, der zu immer stärkerer ringförmiger Dehnung der Lederhaut und zur Aderhautatrophie rings um den Sehnerven führen wird. Das haben auch die anatomischen Untersuchungen ziemlich gut bestätigt. v. Jaeger, welcher diese Aenderungen im Aussehen des Scheidenzwischenraumes bekannt machte, gibt schon an, dass die „Lage, Grösse und Verbreitung" der mit dem Spiegel sichtbaren Aderhautatrophie mit der localen Ausdehnung des Raumes zwischen den beiden Nervenscheiden übereinstimme, und wenn er auch hinzufügt, dass es Fälle gibt, in welchen die Ausdehnung des genannten Raumes und des Conus eine „abweichende, selbst entgegengesetzte Stellung zu einander einnehmen", so ist doch zu bemerken, dass in der von v. Jaeger gegebenen Abbildung eines Falles von circulärer Aderhautatrophie auch eine ringförmige Erweiterung des Scheidenzwischenraumes ersichtlich ist, dass Donders einen gleichen Befund beschreibt und daraus auf die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenhangs zwischen den beiden pathologischen Befunden hinweist, eine Wahrscheinlichkeit, welche Schweigger zur Gewissheit erheben möchte.

Es ist in der That der ophthalmoscopische Befund, dass nicht selten eine ganz atrophische Sichel mit einem scharfen Rande gegen normales Chorioidealgewebe abschneidet, so wunderbar, dass wir uns um einen anderen Erklärungsgrund umsehen müssen, als den, dass die Chorioidealatrophie desshalb nach aussen vom Sehnerven gegen den hinteren Augenpol hin auftritt, weil in dieser Gegend die Aderhaut fester

an der Sclera haftet. Es liesse sich daraus eine mehr oder weniger diffuse Atrophie mit unregelmässigen Grenzen erklären, aber nie die scharfgeschnittene, mit dem eigenthümlichen bogenförmigen Rande. Immerhin mögen wir also an einen Zusammenhang zwischen Erweiterung des Scheidenraumes und Aderhautatrophie denken und es wird uns diese Auffassung bei entwickelten Conis ganz plausibel sein. Viel schwieriger ist, so meine ich, die Deutung der kleinen, glänzend weissen Coni mit scharfem Rande. Man spricht von einem solchen Conus häufig, als sähe er wie ein breiterer Scleralstreifen (Bindegewebsring) aus. Sind diese kleinen Coni breite „Bindegewebsringe," dann sind sie etwas wesentlich anderes als die „atrophischen" Coni. Das Bild des Conus käme im ersten Falle dadurch zu Stande, dass die Aderhautgrenze des Sehnerven weiter als gewöhnlich von der Nervengrenze läge, daher zwischen beiden ein breiter glänzender Streifen Sclerotica sichtbar würde. Aber es könnte keine Rede davon sein, diese Bildungen so ohne weiters als die Anfangsbildungen des Conus und als „allmälige Uebergänge" vom Conus in den Normalzustand zu betrachten. Ich bin in der That der Ansicht, dass diese kleinen Coni nur verbreiterte Partien des Bindegewebsringes sind. Sollten diese angeborenen Bildungen nicht ihren Grund in einer angeborenen abnormen Weite des blinden Endes des Scheidenzwischenraumes haben und so unter begünstigenden Umständen zur Bildung des wirklichen Conus Anlass geben? Wie oft sieht man an einem Auge einen glänzend weissen Bügel am äusseren Sehnervenrande, sehr wenig, aber doch etwas breiter als den normalen Bindegewebsring und am anderen Auge einen entwickelten Conus!

Die neueste Theorie über die Aetiologie des Langbaues, jene v. Hasner's [1]) möchte die Aufmerksamkeit auf die Länge des intraorbitalen Stückes des Sehnerven lenken. Der Sehnerve, sagt v. Hasner, ist vom Sehloche an gerechnet im Mittel 30 $M^{m.}$ lang, während der Abstand des Foramen opticum von der bulbären Insertion des Opticus blos 26 $M^{m.}$ beträgt. In Folge dessen kommt es zu einer vollständigen Streckung des Opticus „erst bei einer Winkelexcursion des Auges von beiläufig 40°, vorausgesetzt, dass die seitlichen Excursionen des Opticus keinerlei Widerstand durch die bindegewebigen und Gefässverbindungen erfahren. Ist dies Letztere nicht der Fall, oder ist der Sehnerv absolut kürzer als im Mittel, oder ist er relativ kürzer, indem der Drehpunkt des Auges um ein Geringes nach vorne verschoben ist, so

[1]) Vierteljahresschrift für praktische Heilkunde. Prag. 1874. I. pag. 50.

müssen bereits viel kleinere Winkelexcursionen des Auges, als jene von 40°, z. B. bereits jene von 10°—20° eine Zerrung des Opticus veranlassen." Die Zerrung des Opticus führt zu jener der Sclera, und da Convergenzbewegungen am häufigsten eingeleitet werden, so erklärt sich daraus das gewöhnliche Auftreten des Conus am äussern Sehnervenrande. Der Stillstand des Langbaues hat, wenn er erfolgt, seinen Grund darin, „dass das Missverhältniss zwischen der Länge des Opticus und dem grössten Seitenblickwinkel durch die allmälige Ausdehnung der Scleralwand immer geringer wird und endlich Null werden muss."

Ich kann, meine Herren! die Betrachtungen über die Anatomie des myopischen Auges und über das Wesen des Conus nicht besser schliessen, als indem ich Ihnen die bemerkenswerthen Resultate vorführe, zu denen Schnabel, wie ich in Folge mündlicher Mittheilung weiss, in dieser Hinsicht gelangt ist. Schnabel unterscheidet einen angeborenen Conus von dem durch Dehnung der Augenmembranen erworbenen. Der angeborene Conus kann sowohl im emmetropischen als im hypermetropischen und myopischen Auge vorkommen. Er ist nicht der Ausdruck für einen erworbenen Schwund der Aderhaut, sondern er beruht darauf, dass Epithel und Stäbchenschichte, sowie die Chorioidea propria (letztere vollständig oder nahezu vollständig) im Bereiche des Conus in Folge eines Bildungsfehlers mangeln, so zwar, dass derartige Coni, auch wenn sie nur eine geringe Ausdehnung haben, die gleichmässig glänzende Farbe der Sclerotica ohne Spur von Chorioidealgefässen zeigen.

Dem angeborenen Conus steht jener gegenüber, welcher sich in Augen findet, deren Wandungen unzweifelhaft einem Dehnungsprocesse unterworfen waren. Das Bild des Conus, vor Allem dessen Begrenzung kommt aber nicht in der Art, wie man es sich bisher vorgestellt hat, sondern in ganz anderer Weise, nämlich dadurch zu Stande, dass die Pigmentepithelschicht, die weder an die über-, noch an die unterliegende Membran, und ebenso wenig an die Sehnervenperipherie durch feste Anheftungen gebunden ist, sich, sobald der Zug zu wirken beginnt, von der Sehnervengrenze ablöst, und sich allmälig zwischen Netz- und Aderhaut immer mehr verschiebt. Durch diese Annahme kann man erklären, warum der Conus immer unmittelbar am Opticusrande beginnt, und wesshalb die Aderhautgrenze des Conus in den meisten Fällen einen Pigmentsaum zeigt, welcher dieselbe Configuration, wie die sogenannte Chorioidealgrenze des Sehnerven aufweist und sich häufig in diese letztere an der vom Conus freien Seite des Opticus unmittelbar fortsetzt. Also nicht in der Pigmentepithelschicht, sondern

nur in der Chorioidea propria stellt sich in Folge der Dehnung an der Stelle des Conus Atrophie ein. Durch die Verschiebung des Epithels kann es gleichzeitig zur Verschiebung der Stäbchenschichte der Netzhaut, die ja in innigem Contact mit dem Epithel sich findet, im Bereiche des Conus kommen, eine Hypothese, durch welche einerseits die Functionsstörung der Netzhaut über dem Conus (über welche wir später sprechen werden), anderseits die Thatsache erklärt wird, dass die Zapfenschichte der Macula lutea keine Dehnung erfährt.

Endlich ist noch hervorzuheben, dass man in myopischen Augen zuweilen beide Arten von Conusbildung neben einander findet. Unmittelbar an die Papille grenzt da ein gefässloser grünlicher Conus (angeborene Bildung), und durch eine scharfe Bogenlinie getrennt schliesst sich an diesen ein gelblicher oder graulicher, Reste der schwindenden Aderhaut tragender Halbmond (erworbener Conus).

Noch Einiges über das ophthalmoscopische Bild zunächst des Conus. Ueber die Qualität des Conus, so zu sagen, nämlich über sein Aussehen je nach dem Stadium der Aderhautatrophie haben wir im Zusammenhange mit den anatomischen Veränderungen gesprochen. Es wären also nur über Grösse, Richtung, Flächenkrümmung des Conus Mittheilungen zu machen. Von dem eben merkbaren Anfangsstadium angefangen kommen Coni mit der verschiedensten Höhe und Basis vor. Niedrige Coni sitzen häufig bloss an einem beschränkten Theile des Sehnervenrandes, so dass ihre Basis z. B. nur $^1/_6$ oder $^1/_8$ des Umfanges der Papille einnimmt. Mit wachsender Höhe nimmt auch die Basis zu. Beträgt die Höhe des Conus etwa einen halben Papillendurchmesser, dann ist seine Basis, die seine beiden Enden verbindende Linie, der Durchmesser oder eine vom Durchmesser nicht mehr viel verschiedene Sehne des Papillenkreises. Ueber dieser Basis kann nun die Höhe des Conus weiter zunehmen, dem Durchmesser der Papille gleich werden und ihn um das Doppelte übertreffen. Der Conus mit horizontaler Höhe kann auch den dreifachen scheinbaren horizontalen Papillendurchmesser erreichen, jedoch ist in diesen Fällen der letztgenannte Durchmesser scheinbar verkürzt. Der Conus kann jedoch bei solcher Höhe auch über den Durchmesser der Papille hinübergegriffen haben. Dann wird er, wenn ursprünglich nach aussen entwickelt, an der inneren Hälfte der Papille sichtbar, umgreift endlich auch diese vollständig, so dass er jetzt die Nervenscheibe rings umgibt. Bei dieser Art der Entwicklung des Conus bleibt dessen innere Partie in der Regel von untergeordneter Ausdehnung im Vergleiche zur äusseren. Es kann sich aber auch dem äusseren Conus gegenüber ein innerer gleich vom An-

fang selbstständig entwickeln, so dass die beiden Coni gleiche Höhen zeigen und schliesslich mit ihrer Basis am oberen und unteren Nervenrande zusammenstossen. Der Conus liegt in mindestens 95% aller Fälle am äusseren Papillenrande, seine Form ist mondsichelförmig oder halbelliptisch oder spitzbogenförmig, sein grösster Durchmesser gerade nach aussen oder auch etwas nach aussen unten gegen die Macula lutea hin gerichtet. Die 5%, die allenfalls noch übrig bleiben, vertheilen sich so, dass in Betreff der Häufigkeit zunächst folgt: der diagonal nach aussen unten gestellte, dann der (isolirt) gerade nach innen stehende, dann der diagonal nach unten und innen stehende und endlich der gerade nach abwärts gestellte. Coni nach oben sind extreme Seltenheiten, und am allerwenigsten kommt der gerade nach oben gerichtete vor. Ich habe ihn nur einmal, Andere haben ihn gar nicht gesehen.

Der Rand der Sichel ist im Allgemeinen sehr regelmässig, bei der Untersuchung im aufrechten Bilde sieht man allerdings häufig sehr kleine Unebenheiten an demselben, welche jedoch den Totaleindruck der regelmässigen Begrenzung nicht beeinflussen. Die abenteuerlichen zerrissenen Gestalten, welche helle Partien in der Umgebung des Sehnerven aufweisen können, sind aller Wahrscheinlichkeit nach nicht als Coni anzusehen, sondern als Folge chorioidealer Entzündungen, mit denen der Conus als solcher Nichts zu thun hat.

Eine deutliche Ectasie der Conalfläche lässt sich in der Regel nicht nachweisen. Die von der weissen Fläche des Conus sich sehr scharf abhebenden Netzhautgefässe zeigen an den Rändern des Conus in der Regel keine Biegung und liegen, wie die Einstellung im aufrechten Bilde erweist, im Conus nicht nachweislich tiefer. Bisweilen jedoch lässt sich ein solches Tieferliegen erweisen und damit die wenn auch immer nur geringe Ectasie der betreffenden Partie. An einem herausgenommenen Auge kann man diese Ectasie von aussen nicht sehen, weil sie zu klein ist und wegen des eigenthümlichen Verhaltens des Scheidenzwischenraumes, welches ja die Ectasie mitverschuldet, von der äusseren Sehnervenscheide bedeckt wird (Schweigger). Ein wirkliches, mit deutlichem Rande scharf umschriebenes Staphyloma posticum im hinteren Augenpol ist mir nie untergekommen. Das wirkliche Staphyloma posticum scleroticae ist der regelmässige Befund bei Aderhautcolobom, lässt sich aber beim Staphyloma posticum, wie es scheint, nur äusserst selten blicken.

Endlich sei noch erwähnt, dass die Eintrittsstelle des Sehnerven scheinbare Aenderungen ihrer Form eingeht, aus denen wir unmittelbar Aufschlüsse über die Richtung der grössten Ausdehnung des

Auges erlangen können. Bei der Conusbildung nach aussen sehen wir den Sehnerven mit seiner vollen Breitseite oder er erscheint uns längsoval, so dass also sein kleinster Durchmesser in die Höhenlinie des Conus fällt. In ersterem Falle — und es kann diess nicht etwa bloss bei kleinem Conus, sondern bei Conis von bedeutendster Grösse vorkommen und nur die grösseren Coni ziehen wir hierbei in Betracht — ist der Sehnerve jedenfalls in den Bereich der grössten Ectasie einbezogen, so zwar, dass der grösste Durchmesser des Bulbus ungefähr in die Richtung des Sehnerven fällt. Die scheinbare Verkürzung des Horizontaldurchmessers deutet hingegen auf Schiefstellung des Sehnerven, dadurch herbeigeführt, dass an der Stelle der Macula lutea die grösste Ausdehnung sich findet, die Papille dadurch mehr an die innere Bulbuswand gerückt ist und dadurch mehr in Profilansicht erscheint. Daher erklärt es sich auch, dass bei circulärer Atrophie der Aderhaut um den Sehnerven, bei welcher also auch die nach innen vom Sehnerven gelegene Lederhautpartie gedehnt ist, es zu einer solchen scheinbaren Verkürzung des Durchmessers nicht kommt, indem hierbei der Sehnerv immer mehr oder weniger *en face* zur Anschauung kommt. Steht die Höhenlinie des Conus nicht im Horizonte, sondern in irgend einer anderen Richtung, dann fällt auch der kleinste Durchmesser der Papille in dieselbe Richtung. Es kann also z. B. bei einem Conus nach unten innen der kürzeste Durchmesser der Papille scheinbar in einer diagonal von oben aussen nach unten innen gehenden Linie liegen. Dass es sich bei diesen Schiefstellungen der Papille um wirkliche Formveränderungen der Eintrittsstelle des Sehnerven handle, ist, so viel mir bekannt, durch anatomische Untersuchungen nicht erwiesen.

Ein eigenthümliches Bild bietet noch Sehnerv und Conus dann dar, wenn an der Papille eine sogenannte wellenförmige angeborene Excavation [1]) sich findet. Umfasst das Wellenthal gerade die äussere Hälfte der Papille und schliesst sich ein Conus nach aussen an, dann ist es häufig nicht möglich, Conus und äussere Papillenhälfte von einander scharf abzugrenzen. Die Farbe des Sehnerven wird durch die Farbe der Nervenmasse bestimmt. Wenn bei der genannten Excavation nur ein sehr geringer Theil der Fasern nach aussen sich wendet, so liegt an dieser Partie die Lamina cribrosa gleichsam bloss, es ist die glänzende Farbe der Sclerotica die uns entgegentritt und die in jene des Conus unmittelbar übergeht. Es ist ein äusserst frappanter Anblick, der dadurch zu Stande kommt, dass indem die ganze weisse Fläche für den Conus

[1]) S. Ophthalmoscopie pag. 253, 257.

gehalten wird, die innere durch die Aufthürmung der Nervenfasern stark geröthete Papillenhälfte als die ganze, in ihrem horizontalen Durchmesser scheinbar verkürzte Papille imponirt, an deren äusserem Rande die Centralgefässe entspringen. Das Frappante des Anblicks wird sich aber bald mindern, sobald man in dem an die geröthete Partie nach aussen angrenzenden Abschnitte die Fleckung der Lamina cribrosa und dadurch die Zugehörigkeit dieses Theils der weissen Figur zur Papille erkannt hat. Bei intensiver Beleuchtung (im umgekehrten Bilde) gelingt es dann auch nicht selten die bogenförmige Grenzlinie zwischen Papille und Conus hervortreten zu lassen. Man muss übrigens darauf aufmerksam machen, dass das gleichzeitige Vorkommen von wellenförmiger Excavation und Conus nicht immer ein zufälliges ist. Nimmt das Wellenthal der Excavation die äussere Hälfte der Papille ein und schliesst sich an diese ein nach aussen gestellter Conus an, so kann man, da sowohl die eine, wie die andere Erscheinung, wenn sie isolirt vorkommt, an derselben Stelle in der Regel sich findet, beim gleichzeitigen Auftreten beider am gewöhnlichen Orte nicht auf ein Abhängigkeitsverhältniss schliessen. Allein es kommen Fälle vor, wo die Excavation eine ganz absonderliche Lage hat und der Conus sich in der gleichen, ganz absonderlichen Richtung anschliesst. Am rechten Auge der 45jährigen Nothburga Soier z. B. besteht $M\ ^1/_{11}$, wellenförmige Excavation, der geröthete Theil der Papille, in dem fast alle Nervenfasern sich zusammendrängen, liegt gerade nach oben, ist eine Sichel, deren grösster Durchmesser nur $^1/_6$ des ganzen Papillendurchmessers beträgt, der ganze übrige untere Theil der Papille ist excavirt, von glänzend weiss grünlicher Farbe, der grösste Durchmesser der Excavation liegt vertical — und gerade nach unten schliesst sich ein Conus von $^1/_6$ Papillendurchmesser mit noch sichtbaren Chorioidealgefässen an, so dass also sein grösster Durchmesser mit der Richtung des grössten Excavationsdurchmessers zusammenfällt. Am anderen linken Auge, dessen Myopie $^1/_{18}$, liegt der nicht excavirte Theil der Papille nicht gerade nach oben, sondern diagonal nach aussen und oben, ist etwas breiter als am rechten Auge, der grösste Durchmesser der Excavation geht diagonal von aussen oben nach innen unten — und hier liegt am inneren unteren Rande der Conus, dessen Höhe, die Fortsetzung des grössten Diameters der Excavation, $^1/_3$ Papillendurchmesser, gleich ist. Auch dieser Conus ist gegen die Papille scharf abgegrenzt, da die chorioidealen Veränderungen noch wenig vorgeschritten sind.

Gehen wir von der Anatomie und dem ophthalmoscopischen Befunde des myopischen Auges zu den betreffenden Daten des hypermetropischen Auges über, so ist es der Mantel der Unkenntniss, den wir da anlegen müssen. Wiewohl das hypermetropische Auge ein unvollkommen entwickeltes ist, indem sich bei hochgradiger Hypermetropie fast immer eine bedeutende Herabsetzung der Sehschärfe findet, so wissen wir über die Ursache dieser Thatsache ebensowenig — als beim myopischen Auge. Der Augenspiegel zeigt uns, dass auch bei Hypermetropie der Conus vorkommen kann und dass der Sehnerve da häufiger wirklich anatomisch längsoval ist, als im emmetropischen und im myopischen Auge. Beim hypermetropischen Auge kann natürlich, abgesehen von der kaum möglichen Verwechslung mit dem Bilde, das in Folge von Astigmatismus zu Stande kommt, von einer Beeinflussung der Form des Sehnerven durch dessen Schiefstellung keine Rede sein. Noch Eines! Iwanoff hat in Augen, welche eine Axenlänge von 19—20 M^m. darboten, also sicherlich hypermetropisch waren, eine eigenthümliche Abweichung im Bau des Ciliarmuskels von jenem des emmetropischen Auges aufgefunden, einen Bau, der dem des Ciliarmuskels des myopischen Auges gerade entgegengesetzt ist. Im hypermetropischen Auge zeigte sich der Ciliarmuskel deutlich verdünnt und nach vorne gerückt, sein hinterer Theil gleichsam atrophisch, das vordere Ende aber mächtiger entwickelt; der vordere äussere Winkel bei *a* (Fig. 60) nicht ein rechter wie bei Emmetropie, nicht ein spitzer wie bei Myopie, sondern ein stumpfer. Der Ciliarmuskel des hypermetropischen Auges hat das Dreieck *B* mehr, als das emmetropische Auge; und im Vergleiche zum Ciliarmuskel des Myopen hat er sich durch zwei Dreiecke, *A* und *B*, an seinem vorderen Ende verstärkt. Das myopische Auge, welchem das Dreieck *A*, in welchem bei Emmetropen die mächtigsten circulären Muskelbündel liegen, gänzlich fehlt, ermangelt auch der genannten Cirkelfasern, im hypermetropischen Auge hingegen, in welchem zum Cirkelfasern-Dreieck des Emmetropen noch ein solches hinzugefügt ist, sieht man eine ganz ausserordentliche Entwicklung dieser Fasern. Der meridionale Durchschnitt des Muskels zeigt im ganzen vorderen Drittheil dicht gedrängte isolirte Kreise querdurchschnittener Muskelbündel, die sich auch längs der ganzen inneren Muskelwand (*c" b"*) fortsetzen. In dem hinteren Abschnitt des Muskels liegen die Längsfasern. Wie aus der schematischen Figur ersichtlich, ist der Muskel im übersichtigen Auge kürzer und dünner, als im emmetropischen, während er bei Myopie länger und dicker ist. Es sei noch erwähnt, dass Hermann Pagenstecher[1])

[1]) Graefe's Archiv. XVII. 2. pag. 110.

ein Auge enucleirte, in welchem zuvor hochgradig hypermetropischer Bau mit dem Augenspiegel constatirt worden war, und in dem der Ciliarmuskel nicht den Bau, den man auf Iwanoff's herrlichen Präparaten so überzeugend sieht, darbot, sondern abweichend davon ein Dreieck bildete, dessen vorderer Winkel (bei *a*) nicht stumpf, sondern vielmehr spitz (also wie im myopischen Auge) war, während zugleich die Kreisfasern sich nicht sehr stark entwickelt zeigten. Anlässlich dieses Pagenstecher'schen Falles kann ich übrigens eine Bemerkung nicht unterdrücken. Es war da einmal Gelegenheit gegeben, die Axen eines hochgradig hypermetropischen Auges genau zu messen. Es heisst dort vom enucleirten Bulbus nur, dass er „völlig normal gestaltet" war — wie gross seine Axen, das erfährt man nicht. Und doch hätte man in diesem Falle, wenn man während des Lebens des Auges die Hypermetropie mit dem Augenspiegel und die Hornhautradien mit einem Ophthalmometer bestimmt und dann vom enucleirten, also unveränderten Auge die Axenlänge und die Dicke der Ader- und Lederhaut an der Stelle der Macula lutea abgenommen hätte, den optischen Werth der Linse auf das genaueste berechnen können und das wäre wahrlich für ein hochgradig hypermetropisches Auge sehr interessant gewesen!

Von der Anatomie und dem ophthalmoscopischen Befunde des myopischen und hypermetropischen Auges können wir nicht scheiden, ohne noch die diagnostische Bedeutung des ophthalmoscopischen Bildes des Conus zu besprechen. Als Erkennungsmerkmal der Myopie hat der Conus, falls er auch nur ausschliesslich bei Myopie und in jedem myopischen Auge sich vorfände, eigentlich gar keinen Werth, denn Derjenige, der mit dem Augenspiegel umgehen kann (und als Solcher kann doch nur Jemand betrachtet werden, der im aufrechten Bilde ebenso gut wie im verkehrten untersucht) und der auch jeden Augenspiegelfall zunächst im aufrechten Bilde prüft, der weiss ja noch bevor er sich in das Studium des Conus oder der Papille einzulassen in der Lage ist, je nach dem Glase, das zum Deutlichsehen des Augengrundes angewendet werden muss, ob das Auge Myopie darbietet oder nicht, ja, wenn er nur wenige Uebung besitzt, weiss er auch, welchen Grades die Myopie ungefähr ist. Ist die Myopie höheren Grades — und von $M^1/_6$ an ist die Beobachtung immer ganz leicht — dann erkennt auch Derjenige, der mit dem aufrechten Bilde auf gespanntem Fusse lebt, durch das umgekehrte Bild, welches die Medien des untersuchten myopischen Auges ohne Beihilfe einer vor das Auge gesetzten Convexlinse entwerfen, sofort die höhergradige Myopie.

Sowie also der Conus nur für den in der Augenspiegeluntersuchung Ungeübten Bedeutung hätte, auch wenn er nur im myopischen Auge und in diesem immer vorkäme, so kann ihm umsoweniger eine Bedeutung für die Erkenntniss des Refractionszustandes und der Ursache desselben zugeschrieben werden, als er einerseits auch im emmetropischen und hypermetropischen Auge vorkommt und als er andererseits — und dieses Moment ist noch wichtiger — mit dem Staphyloma posticum, d. h. mit der Ausdehnung des Bulbus in der Längsrichtung in keinem zwingenden Zusammenhange steht. Ja, es ist wahr, bei hoher Myopie ist oft grosser Conus vorhanden, bei niedriger Myopie kommen oft kleinere Coni vor, bei Differenzen in der Refraction beider Augen zeigt sich oft an dem Auge mit Myopie oder höherer Myopie ein grösserer Conus und es ist in letzterem Falle das Vorhandensein oder die starke Entwicklung desselben ein werthvolles Kennzeichen für die Ursache der Refractionsdifferenz — aber die Ausnahmen sind nach meiner Erfahrung häufiger, als die Autoren im Allgemeinen, wenn auch vielleicht zuweilen im Widerspruch mit ihren eigenen Angaben, anzunehmen pflegen. v. Graefe meint (1854), dass „unter 10 Individuen, die hochgradig myopisch sind, d. h. sich für die Entfernung der Convexgläser Nr. 2 bis 6 bedienen, jedenfalls 9 an Sclerotico-chorioiditis posterior leiden," was soviel sagen will, dass in 10 hochgradig myopischen Augen jedenfalls neunmal ein Conus hervortritt. v. Graefe lässt daher die Möglichkeit offen, dass unter 100 hochgradig myopischen Augen zehn gefunden werden, welche keinen Conus zeigen. v. Jaeger spricht sich über diesen Punkt nicht exact aus. Er ist nur der Ansicht, dass die Grösse des Conus meistens der Stärke der Ectasie und daher der Verlängerung der Augenaxe entspricht, dass der Conus daher im Allgemeinen einen werthvollen Anhaltspunkt für die Schätzung des Grades der vorhandenen Kurzsichtigkeit bietet. (Sonderbar nimmt sich, nebenbei bemerkt, dieser letzte Satz im Munde eines so vollendeten Ophthalmoscopikers aus!) Ausdrücklich verdient noch erwähnt zu werden, dass v. Jäger in einzelnen Fällen schon in den Augen Neugeborener „schön geformte charakteristische spitze" Coni vorfand. Weiter (mit Ausnahme der Angaben in Betreff des Vorkommens des Conus im frühen Kindesalter) geht in jedem Falle Donders. Nach Donders findet man da, wo „vom 16. bis zum 20. Jahre eine Myopie von $^1/_6$ oder $^1/_5$ besteht," fast ohne Ausnahme eine sehr ausgesprochene, scharf begrenzte, fast vollständige Atrophie in der Form des Halbmondes. Nach dem 30. Jahre sah Donders die Atrophie bei $M > {}^1/_{12}$ nur dreimal, bei $M > {}^1/_{20}$ nur fünfmal fehlen. Ueber das

Vorkommen des Conus bei jugendlichen Individuen heisst es bei Donders ferner, dass bei sehr jungen Individuen und bei mässiger Myopie sehr selten Atrophie zur Beobachtung kommt; dass in jenen Fällen von Myopie, welche nur einen geringen Grad „zu erreichen versprechen," auch im Jünglingsalter nur die ersten Spuren von Atrophie vorhanden sind; dass ferner „bei sehr jungen Individuen mit verhältnissmässig hochgradiger Myopie die halbmondförmige Atrophie der Chorioidea oft noch ganz fehlt oder doch nur sehr geringfügig ist." Nach Donders ist ferner der Conus im Allgemeinen in gleichem Lebensalter um so stärker ausgebildet, je höher der Grad der Myopie und bei gleichem Grade von Myopie um so grösser, je älter das Individuum ist. Ob in der gleich darauf abgegebenen Erklärung, dass die Einzelbeobachtungen so sehr von einander abweichen, dass bei ziemlich hohen Graden von Myopie als Minimum nur Spuren eines Halbmondes vorkommen und als Maximum die Länge von 6 (sage sechs) Millimetern und mehr erscheint — ob, sage ich, in dieser Erklärung nicht ein gewisser Widerspruch mit dem eben Vorangeschickten, sowie mit der früher citirten Angabe (nach welcher sich schon bei jungen Individuen mit $M^1/_5$ oder $^1/_6$ fast ohne Ausnahme eine sehr ausgesprochene Atrophie findet) liegt, das wage ich nicht zu entscheiden. Dass die consecutive Aderhautatrophie bei „ziemlich hohen" Graden von Myopie „sehr gering" sein kann, fand auch Schweigger, und aus einer Untersuchungsreihe v. Stellwag's geht hervor, dass unter 220 Fällen von Myopie 21mal der Conus bei Myopie $^1/_6$ bis $^1/_2$ fehlte. Noch sind die Angaben Cohn's und Erismann's hervorzuheben. Bei 1004 Myopen von 6—22 Jahren fand Cohn 200mal das Bild der Aderhautatrophie, und dasselbe um so häufiger, je höher der Grad der Myopie war. Myopie $^1/_6$ fand Cohn in der in Rede stehenden Untersuchungsreihe (von 10.060 Schulkindern) nie ohne „Staphylom" d. i. ohne Aderhautatrophie. In Betreff dieses letzten Ausspruchs muss aber doch hervorgehoben werden, dass nur drei Myopen mit $M^1/_6$ überhaupt vorkamen. Als Cohn später die Augen der Breslauer Studenten prüfte, da kamen ihm auch Augen mit $M^1/_6$ und $M^1/_5$ unter, welche keinen Conus zeigten, dagegen fehlte derselbe bei $M^1/_4$ und $M^1/_3$ nicht. Erismann fand unter 1245 Myopen von 8 bis über 20 Jahren überhaupt keinen einzigen mit $M > 12$, in dessen Augen der Conus fehlte. Zu dieser Angabe muss man bedenklich den Kopf schütteln, denn Erismann erklärt, dass „die Myopie in jedem einzelnen Falle durch den Augenspiegel bestätigt wurde," wobei als Myopie sowohl diejenige, welche durch Axenverlängerung, als auch jene, die

durch stärkere Krümmung der Linse erzeugt ward, geführt wird. In Betreff dieser letzteren Myopie meint Erismann, dass sie anzunehmen war, wo starker Accommodationskrampf diagnosticirt werden konnte, während Veränderungen des Augenhintergrundes ganz fehlten oder dem Grade der Myopie nicht entsprachen. Da nun solche Fälle „hinlänglich zahlreich" waren, so würde folgen, dass bei $M > {}^1/_{12}$ Accommodationskrampf überhaupt nicht mehr die Myopie bedingte oder dass die Grenze für das allgemeine Vorkommen des Conus bei noch geringerer Myopie aufzurichten sei, falls in einem Theile dieser Fälle Myopie und Accommodationskrampf combinirt war. Was soll man aber von der ganzen Angabe halten, wenn man weiss, dass sich eine Myopie, bei der Accommodationskrampf mitspielt, niemals durch den Augenspiegel bestätigen lässt, indem sie hierbei immer geringer erscheint, oder gar nicht erscheint, falls Accommodationskrampf ohne Myopie der scheinbaren Myopie zu Grunde lag?

Ich selbst habe in Betreff des Conus folgende Beobachtungen gemacht. Conus und sogar grossen Conus sah ich in jedem Lebensalter, d. h. ich sah ihn schon bei 3jährigen Kindern. Neugeborene habe ich nicht untersucht. Andererseits weichen aber meine Beobachtungen dadurch so ziemlich von allen angeführten ab, dass ich erstlich das Fehlen des Conus viel häufiger auch bei hochgradiger Myopie und zwar nicht blos bei jugendlichen Individuen, sondern auch bei Leuten bis in die 40er Jahre constatiren konnte. Aeltere Individuen mit hochgradiger Myopie ohne Conus habe ich nicht gesehen, doch glaube ich nicht, dass wenn bis 40 Jahren ein Conus sich nicht entwickelt, er später noch zu auffallender Entwicklung kommt. Es ist die Angabe von dem seltenen Fehlen des Conus bei höherer Myopie um so auffallender, als man bis in die neueste Zeit die Myopie nach der subjectiven Prüfung (oder nach der objectiven Prüfung unrichtig) bestimmte und daher den Fehlern unterlag, die durch Complication von Myopie mit Accommodationskrampf entstehen können, also höhergradige Myopie, als wirklich da war, zu finden glaubte. Es ist übrigens klar, dass die Conusbildung, die circumscripte Atrophie der Aderhaut, nicht nothwendig mit der Dehnung der Sclerotica einhergehen muss. So gut die Netzhaut sich der Dehnung und der Atrophie ihrer centralen Theile dadurch entzieht, dass die peripheren an der Ora serrata gelegenen Partien derselben (irgendwo müssen wir doch eine Dehnung annehmen) gedehnt werden, ebenso kann auch die Aderhaut, wenn sie in der Umgebung des Sehnerven von guter Constitution ist, daselbst der Atrophie entgehen, so dass dafür ihre peripheren auf der Sclerotica leichter verschiebbaren

und leichter dehnbaren Abschnitte leiden, ohne desshalb auffallende ophthalmoscopisch sichtbare Veränderungen aufzuweisen. Wenn bei Myopie kein Conus vorkäme, so würde kein Mensch darnach fragen, warum an der Papillengrenze keine Aderhautatrophie auftritt. Im Gegentheil wir brauchen ja allen unsern Scharfsinn — fast will es mich bedünken, dass er nicht ausreicht — um zu erklären, warum beim Staphyloma posticum an der gewöhnlichen Stelle der grössten Axenverlängerung, an der Macula lutea keine Atrophie, am äusseren Rande des Sehnerven, oder gar am inneren Rande desselben eine circumscripte Atrophie der Aderhaut sichtbar wird. Damit übrigens bei Myopie kein Conus erscheine, ist bei dunkelpigmentirtem Aderhautepithel nur nothwendig, dass das Epithel nicht leide, während im Chorioidealstroma die atrophischen Veränderungen beliebig weit vorgeschritten sein können. Durch das dunkelpigmentirte wohl erhaltene Epithel kann man nämlich nicht hindurchsehen, nur Liebreich glaubt, dass man auch da die beginnende Sclerectasie, wenn sich bei gewöhnlicher Untersuchungsweise die Aderhaut noch normal bis an den Rand des Sehnerven zu erstrecken scheint, erkennen könne, falls man wie er sich ausdrückt, neben dem Flammenbildchen vorbei bei durchfallendem Lichte untersucht. „Die dem Flammenbildchen zunächst gelegenen Theile" heisst es „erscheinen noch erhellt, aber vorwaltend von dem Licht, welches aus der Tiefe zurückkehrt; an ihnen kann man daher Gewebsveränderungen im Stroma bei erhaltener Epithelialschicht besser beobachten" [1]).

Wir wollen das Fehlen des Conus in einigen speciellen Fällen höherer Myopie, welche unter den relativ wenigen Fällen von Myopie, die überhaupt im Jahre 1873 vorkamen, beobachtet und in welchen die Hornhautradien gemessen wurden, noch besonders aufführen. Herr v. H., 7. Juni 1873, 41 Jahre alt, war, soweit er sich erinnert, immer kurzsichtig. Im 11. Lebensjahre begann er Concavbrillen zu tragen und zwar zunächst — $^1/_{12}$, stieg aber bald auf — $^1/_{10}$, welche Gläser er dann durch lange Zeit trug, bis er sie vor drei Jahren mit — $^1/_8$ vertauschte. Als corrigirendes Glas ergibt sich bei der Untersuchung des rechten Auges — $^1/_{14}$, mit diesem Glase ist $S = {}^{20}/_{40}$. Am linken Auge corrigirt — $^1/_{14}$, S $^{20}/_{20}$. Vordere Kammer und Pupille ist beiderseits enge. Weder rechts noch links ist Atrophie der Aderhaut zu sehen, nur am äusseren Rande des Sehnerven eine gewisse Ungleichmässigkeit der Pigmentirung. Nach Atropinisirung schwankt der Refractionszustand. Nach 4tägiger Atropinisirung ist rechts und links Concav 5 das Cor-

[1]) Graefe's Archiv VII. 2. pag. 126.

Glas. Der Krümmungshalbmesser der Hornhaut in der Gesichts-
rechts 7·174, links 7·211 M^m. Ein sogenannter myopischer Bau
nges, über den wir noch später sprechen werden, ist nicht ausge-
nen.

Unterrainer Anna, (28. November 1873) 34 Jahre alt, weiss nicht,
sie jemals gut in die Ferne gesehen hätte. Rechts mit $-\frac{1}{6}$ $S = \frac{10}{50}$
m, links mit $-\frac{1}{5}$ S $\frac{10}{50}$. Mit dem Augenspiegel zeigt sich die
Gläsern entsprechende Myopie. In der oberen Partie der rechten
rnhaut eine leichte Trübung, das Pupillargebiet ist aber beiderseits
lkommen frei und die ophthalmometrische Messung ergibt vollkommen
gelmässige Hornhautkrümmung. Hornhautradius in der Gesichtslinie des
chten Auges = 7·548, in der des linken = 7·510 M^m. Mit dem
ugenspiegel nicht die Spur eines Conus, im umgekehrten
lde nicht einmal ein Bindegewebsring um die Papille zu sehen, für
e bedeutende Herabsetzung der Sehschärfe kein Grund aufzufinden.

Unter jüngeren Individuen findet sich der 10jährige Sylvester
sider, (17. Februar 1873) mit Myopie und Nystagmus behaftet. Die
lbi erscheinen in allen Durchmessern vergrössert, im Aequator nicht
ch gekrümmt. Im rechten Auge nur ein verbreiteter Bindegewebsring
ch aussen von der Papille, im linken Auge am Rande des normal-
iten Bindegewebsrings eine dunkle Pigmentgrenze (Chorioidealring)
äusseren Papillenrande. Weder am Sehnerven, noch an der Macula
ea, noch an der Chorioidea eine pathologische Veränderung. Der
abe liest mit jedem Auge Nr. 1 J. auf 4"; corrigirendes Glas
nterseits $-\frac{1}{6^1/_4}$, S $\frac{10}{20}$ kaum; linkerseits corrigirt $-\frac{1}{6^3/_4}$, S $\frac{10}{30}$.
war also, wenn wir die Gläserbestimmung als massgebend für den
d der Myopie gelten liessen, kein Conus bei hochgradiger Myopie.
ch einer Atropincur war jederseits $-\frac{1}{7}$ das corrigirende Glas, mit
em Glase dann jederseits S $\frac{10}{20}$ voll, Nr. 1 J. wurde auf $6^1/_2$"
:lich, sogar auf 8" überhaupt gelesen. Der Nystagmus, welcher bei
ıtion eines gerade nach vorn gelegenen Objects mehr oder minder
k auftritt, aber auch manchmal, wenn nicht genau fixirt wird, auf-
, erschwert die ophthalmometrische Messung des Hornhautradius in
Gesichtslinie, ohne sie (eben wegen des zeitweiligen Aufhörens)
öglich zu machen. Der Radius ist an beiden Augen gleich und
ägt 7·7 M^m.

Sowie der Conus also bei hochgradiger Myopie nicht blos jugend-
er Individuen fehlen kann, so steht er andererseits, wenn er da ist,
ig nicht in Proportion zu der Höhe der Myopie und es kann von
zwei Augen Eines Individuums dasjenige, das die geringere Myopie

aufweist, den grösseren Conus zeigen oder bei gleicher Myopie beider Augen ist nur an Einem der Conus sichtbar. Es ist klar, dass da der Conus in hypermetropischen Augen, ja in höhergradig hypermetropischen Augen von ziemlich bedeutender Ausdehnung (bis $^1/_2$ Papillendurchmesser Höhe) gefunden wird, er in bedeutender Grösse sich bei geringer Myopie finden muss, falls jene übersichtigen Augen durch fortschreitende Ausdehnung der Augenhäute kurzsichtig werden und andererseits ist es begreiflich, dass, da es Augen mit hochgradiger Myopie gibt, in denen der Conus ganz fehlt, es noch häufiger vorkommen muss, dass Augen mit hoher Myopie nur einen kleinen Conus aufweisen. Specielle Fälle, die nur das Vorhandensein eines kleinen Conus bei höherer Myopie beweisen sollen, anzuführen, lohnt wohl nicht. Wir wollen nur Einen ophthalmometrisch gemessenen Fall aufführen, der uns in die genauere Discussion der Ursachen der Myopie einführen soll. Alexander Treuenfels, 24 Jahre alt, Ordenspriester, gibt an, nie gut in die Ferne gesehen zu haben. Seit seinem 12. Jahre trägt er Brillen, und zwar trug er anfänglich — $^1/_{12}$, welche Gläser er allmälig verstärkte, bis er gegenwärtig bei — $^1/_5$ angelangt ist. Rechts ist — $^1/_{4\cdot5}$ das corrigirende Glas, S $^{20}/_{30}$; links corrigirt — $^1/_{4\cdot4}$, S $^{20}/_{30}$. Mit dem Augenspiegel ergibt sich kein Anhaltspunkt für vorhandenen Accommodationskrampf, wesshalb die Atropinisirung unterbleibt. Am rechten Auge ist ein Conus nach aussen von der Papille von $^1/_6$ Papillendurchmesser, der Hornhautradius dieses Auges in der Gesichtslinie 7·698 M^m. Am linken Auge ist die Höhe des Conus deutlich grösser $= ^1/_4$ Papillendurchmesser, der Hornhautradius in der Gesichtslinie 7·926. Wir haben also bei hochgradiger Myopie sehr kleine Coni, dagegen am Auge mit höherer Myopie einen kleineren Conus, aber auch einen kleineren Hornhautradius in der Gesichtslinie, als an dem Auge mit etwas geringerer Myopie. Die Differenz der Myopien ist jedoch, wiewohl deutlich ausgesprochen nur sehr unbedeutend, da die Differenz der beiden Correctionsgläser nur $^1/_{76\cdot5}$ beträgt.

Wir müssen, nachdem wir den Gegenstand nun des Weiteren behandelt haben, auf das Wesen der Sache, auf die Hauptfrage zurückkommen, ob wir berechtigt sind, den Einfluss der stärkeren Brechkraft des dioptrischen Systems, resp. der Hornhautkrümmung auf die Entstehung der Myopie auszuschliessen. Wo wir den Conus im Augengrunde bei Myopie sehen, müssen wir gegenüber diesem Zeichen der Augendehnung verstummen; aber erheben nicht unsere Angaben über den Mangel des Conus, erheben nicht in specie die namhaft gemachten

Fälle ihre Stimme für den Einfluss des brechenden Apparats? Das Fehlen des Conus an und für sich hat, wie wir sahen, keine Bedeutung und schon früher wurde erwähnt, dass in solchen Augen gute Sehschärfe sich im Allgemeinen nicht findet. Auch unter den angeführten ophthalmometrisch gemessenen 6 Augen ohne Conus ist nur das Eine (linke) Auge des Herrn v. H. mit Sehschärfe $^{20}/_{20}$, und wenn wir den Einfluss des $^1/_2$" vor K stehenden Correctionsglases in Betracht ziehen, mit factischer S $^{22}/_{20}$ ausgerüstet, aber schon das andere Auge zeigt nur halbe Sehschärfe, ebenso ist die Sehschärfe bei der Unterrainer (2. Fall) und dem 10jährigen Haider (3. Fall) sehr, ja unverhältnissmässig herabgesetzt. Die Corneae des Herrn v. H. zeigen allerdings kleine Radien, aber keine kleineren als bei Emmetropie vorkommen, und dann gibt es Augen mit höherer Myopie als $^1/_{5^1/_4}$ und entwickeltem Conus, die noch grössere Sehschärfe darbieten können.

In Betreff mancher Individuen muss man noch den schon erwähnten Umstand bemerken, dass bei gleicher Myopie an Einem Auge der Conus fehlt, am anderen hingegen schon in seiner Anfangsbildung wenigstens ausgesprochen ist. Der 12jährige Josef Köllensperger z. B. hat beiderseits M $^1/_{6^1/_2}$, mit $-^1/_6$ ist die Sehschärfe des rechten Auges $= ^{20}/_{30}$, die des linken $= ^{20}/_{40}$. Am rechten Auge (dem mit der grösseren S) zeigt sich ein kleiner Conus von $^1/_6$ Papillendurchmesser, am linken Auge jedoch fehlt er vollständig. Rechts ist der Hornhautradius in der Gesichtslinie $= 7{\cdot}248$, links $= 7{\cdot}174$ M^m. Gewiss wird man da nicht für das linke Auge mit der halben Sehschärfe in die Schranken treten wollen, als wäre die Myopie nicht durch Dehnung der Augenhäute entstanden.

Man hat ferner für die Bedeutung der Myopie bei mangelndem Conus nicht selten noch den Anhaltspunkt, dass die Myopie in evidenter Weise ererbt ist und bei den Eltern oder älteren Geschwistern die Conusbildung nachgewiesen werden kann. Hätte der letztgenannte Knabe auch im rechten Auge keinen Conus, so würde sein Vater, der 9 myopische Söhne in die Welt setzte, uns Aufschluss geben können über das Wesen der Myopie. Dieser Vater, 49 Jahre alt, braucht zur Correction seines rechten Auges $-^1/_{3^3/_4}$, hat mit diesem Glase S $^{20}/_{40}$, zur Correction des linken Auges dient $-^1/_{3^1/_4}$, S ist $= ^{20}/_{50}$. Am rechten Auge ist ein Conus, dessen grösster Durchmesser nach aussen gerichtet und $^1/_4$ P. D. (Papillendurchmesser) gleich ist, der aber noch den oberen und unteren Rand der Papille umgreift, am linken Auge hat der Conus die gleiche Form, aber seine grösste Höhe ist $^1/_2$ P. D. Die Coni sind freilich nicht so gross, wie sie bei dem Grade der

Myopie und dem Alter des Individuums nach den herrschenden Ansichten sein sollten, aber die Coni richten sich eben nicht nach den herrschenden Ansichten, uns genügt es, dass sie überhaupt da sind. Die Hornhautradien in der Gesichtslinie sind übrigens grösser als beim Söhnlein, rechts = 7·698, links = 7·736 $M^{m.}$

Gehen wir weiter! In den bisher discutirten Fällen sind die Hornhautradien in der Gesichtslinie beider Augen gleich oder nahezu gleich gross. Wie verhält es sich aber in den Fällen von ungleichen Radien und ungleicher Myopie z. B. in dem Falle des Pater Treuenfels, der auf dem Auge mit höherer Myopie einen kleineren Conus, aber auch eine kleineren Hornhautradius darbietet? Ist da nicht der kleinere Radius schuld an der höheren Myopie, zumal das Auge einen kleineren Conus aufweist? Wir können das nicht behaupten, denn der kleinere Conus beweist nichts, die Refractionsdifferenz ist minimal, die Differenz in der Grösse der Radien (0·238 $M^{m.}$) aber so gross, dass wenn wir derselben die Schuld zumessen wollten, der Unterschied in der Myopie bedeutender sein müsste. So wenig als dieser Fall beweisen kann, so führt er anderseits darauf zu fragen, wie verhalten sich die Dinge bei grosser Refractionsdifferenz beider Augen?

Es folgen die Daten für 6 Individuen mit ungleicher Refraction beider Augen, deren Hornhäute mit dem Ophthalmometer gemessen wurden und deren Augen sonst noch Interesse bieten. R. D. bedeutet Refractionsdifferenz.

I.	R. A. $M\,1/5{,}5$	$r = 7{\cdot}73615$	L. A. $M\,1/18$	$r = 7{\cdot}92580$	R. D. = 1:8
II.	E	$r = 7{\cdot}54755$	$M\,1/6{,}5$	$r = 7{\cdot}24840$	= 1:6·6
III.	$M\,1/6{,}4$	$r = 7{\cdot}43500$	E	$r = 7{\cdot}43500$	= 1:6·5
IV.	$M\,1/5{,}4$	$r = 7{\cdot}69830$	E	$r = 7{\cdot}62285$	= 1:5·5
V.	$M\,1/8$	$r = 7{\cdot}43500$	$M\,1/36$	$r = 7{\cdot}32285$	= 1:4·5
VI.	$M\,1/3{,}4$	$r = 7{\cdot}48076$	E	$r = 7{\cdot}58520$	= 1:3·75

Ad I. Rechts mit $-\,1/5\ S\,{}^{20}/_{70}$, links mit $-\,1/18\ S\,{}^{20}/_{20}$. Dynamisches Auswärtsschielen des rechten Auges. Zwar ist der Halbmesser der Hornhaut des stark myopischen Auges entschieden kleiner, aber während der Conus im linken Auge nur $1/8$ Papillendurchmesser Höhe hat, ist seine Höhe im rechten Auge doppelt so gross.

Ad II. Rechts E, $S\,{}^{20}/_{20}$. Vor 30 Jahren, als Patient 8 Jahre zählte, erhielt er einen Stockstoss gegen das linke Auge. Das Auge zeigt Cataracta und Strabismus divergens. Nach Graefe'scher Operation ist convex 6 corrigirend, $S\,{}^{5}/_{70}$. Der Werth der Linse mit $1/3$ angenommen, hatte das Auge, falls der Hornhautradius durch die Operation nicht geändert wurde, zuvor $M\,1/3 - 1/5{,}5 = 1/6{,}4$. Wiewohl der Horn-

hautradius kleiner als im anderen Auge ist, zeigt doch das aphakische, vordem myopische Auge einen Conus nach aussen von der Papille von $^2/_3$ P. D. Höhe. Axenlänge dieses Auges = 25·236 M^m.

Ad. III. Rechts mit — $^1/_6$ $S^{20}/_{20}$, links $S^{20}/_{40}$, mit convexcylindrisch $^1/_{40}$ (Axe vertical) einzelne Buchstaben von XXX auf 20'. Pupillen gleich weit, vordere Kammer rechts etwas tiefer. Der rechte Bulbus etwas prominirend, im Aequator flacher als der linke gekrümmt. Rechts grosser Conus (von $1^1/_2$ P. D. Höhe) nach aussen und etwas nach unten von der längsovalen Papille. Links am obern äussern Papillenrande eine kleine Pigmentanhäufung. Grenzen der Papille nach oben und unten etwas verwaschen. Die Myopie ist nach der Angabe des 48jährigen noch progressiv. Der Fernpunkt soll seit zwei Jahren um 1 Zoll hereingerückt sein. Interessant ist die grosse Sehschärfe des myopischen Auges im Vergleiche mit jener des nicht myopischen, welches beim Lesen divergirt. r ist in beiden Augen derselbe.

Ad IV. Der 52jährige Heinrich Schmid hat am rechten Auge nie gut gesehen, er war trotzdem vortrefflicher Schütze, er legte rechts an und lernte mit dem linken Auge zielen. Seit 6 Monaten beobachtet er eine Abnahme der Sehkraft des linken Auges. Der Radius am rechten myopischen Auge ist grösser, dieses selbst ist etwas prominenter als das linke und im Aequator deutlich abgeflacht. Nach unten aussen von der Papille grosser Conus von 1 P. D. Höhe. Im linken emmetropischen Auge kein Conus, Papille dunkel geröthet. Rechts mit — $^1/_5$ $S^{10}/_{50}$, links $S^{20}/_{50}$.

Ad V. Die 31jährige Patientin hatte in ihrem 5. Lebensjahre eine Augenentzündung am rechten Auge, nach welcher Strabismus divergens zurückblieb. Das Auge zeigt ausserdem eine leichte centrale Hornhauttrübung, das Ophthalmometer an dieser Stelle jedoch keine Unregelmässigkeit der Krümmung der Cornea. Das Auge, welches nur Nr. 24 J. liest, zeigt mit dem Spiegel $M^1/_4$, gerötheten, scharfbegrenzten Sehnerven, nur die Andeutung eines Conus, während am linken Auge mit $M^1/_{36}$ und $S^{20}/_{20}$ ein orangegelber Conus von $^1/_8$ P. D. Höhe nach aussen von der Papille sich findet. Die Länge der Bulbusaxe kann weder vor noch nach der Operation (es liegt dies in der Natur der Sache) im Vergleiche zur Länge des linken Bulbus richtig beurtheilt werden, doch kann kein Zweifel bestehen, dass, da der Hornhautradius am stark myopischen Auge grösser ist als am schwach myopischen, die Myopie auf Axenverlängerung beruht, trotzdem der Conus im ersteren Auge nur angedeutet und viel kleiner ist als in dem anderen mit der 9mal geringeren Myopie. Der Fall ist

interessant, aber doch nicht von der Art, dass wir die Ursache der starken Myopie in der Linse, die keine Erscheinungen von Luxation zeigt, suchen müssten.

Ad. VI. Der 46jährige Johann Bieg weiss das rechte Auge immer schlechter als das linke. Rechts mit — $^1/_{3^1/_4}$ S $^{10}/_{30}$, links E, $S^{20}/_{20}$. Rechts, wo der Radius der Hornhaut etwas kleiner ist, zeigt sich ein Conus von 2 Horizontal-P. D. Höhe nach aussen und etwas nach unten. Papille geröthet, längsoval (schiefgestellt). Links kein Conus, nach aussen von der Papille gezackte Chorioidealgrenze.

Auch diese Fälle mit bedeutender Refractionsdifferenz der beiden Augen sind nicht geeignet, die Ansicht, dass die Myopie auf abnormer Dehnung der Augenhäute beruhe, zu alteriren, eine Ansicht, der also auch wir uns unbedingt anschliessen, wiewohl unsere Erfahrungen über das Verhalten des Conus bei Myopie mit den von anderen Seiten gemachten nicht ganz übereinstimmen.

Es ist aber einleuchtend, dass von jenen Momenten, welche bei der Erzeugung atypischer Ametropie mitwirken, sich auch das eine oder das andere im typisch myopischen Auge einstellen kann, wodurch die Myopie eines solchen Auges noch bedeutend gesteigert, unter Umständen allerdings auch verringert oder corrigirt oder in Hypermetropie umgewandelt zu werden vermag. In erster Linie gehören Veränderungen der Hornhaut hieher. Tritt zu Myopie Keratoconus, so wird dieselbe begreiflicherweise sofort bedeutend gesteigert. Es verdient dieses Zusammentreffen besonders erwähnt zu werden, weil es kein zufälliges ist. Keratoconus entwickelt sich unverhältnissmässig häufiger in myopischen als in nicht myopischen Augen. v. Hasner hat auf diesen Zusammenhang schon aufmerksam gemacht.

Von den übrigen Veränderungen der Hornhaut sind Krümmungsänderungen nach Hornhautentzündungen zu erwähnen, wobei wir nur jene betrachten, in denen verhältnissmässig geringer irregulärer Astigmatismus nicht hindert, dass durch die Correction der Myopie die Sehschärfe gehoben wird. Für ursprünglich emmetropische Augen konnte ich analoge Fälle wohl mit Krümmungsabnahme, aber nicht mit Krümmungszunahme der Cornea beibringen [1]), für Beides bin ich in der Lage einige ophthalmometrisch gemessene Fälle bei bestehender Myopie mitzutheilen. Eine 56jährige Krankenwärterin zeigt im rechten Auge $M^1/_5$, mit — $^1/_{6^1/_2}$ ist S $^{10}/_{70}$, das Auge lies-

---

[1]) S. pag. 259.

Nr. 2 zögernd auf 3″. Grosser Conus nach aussen von der Papille und ausgedehnte Aderhautveränderungen. Am linken Auge $M\,1/3$, mit $-1/21/3$ $S\,10/50$, Nr. 1 wird zögernd auf $2\,1/2$″ gelesen; grösserer Conus als rechts, zahlreiche circumscripte weisse Stellen im Augengrunde. Bei seitlicher Beleuchtung erkennt man am rechten Auge eine leichte centrale Hornhauttrübung, am linken Auge ist das Centrum der Hornhaut frei. Am rechten Auge ist der Radius in der Gesichtslinie 8·23175, am linken 7·58520 M^{m}. Die Krümmung der Hornhaut in der Gesichtslinie des rechten Auges (im Horizont gemessen) ist dabei so regelmässig, die Reflexe sind an dieser Stelle so scharf, dass wir bei der ophthalmometrischen Messung nur dadurch auf etwas Ungewöhnliches aufmerksam gemacht werden, dass der Radius nach rechts und links von der Gesichtslinie bedeutend abnimmt. Die Myopie des rechten Auges ist durch den Hornhautabschliff offenbar namhaft verringert worden, sie war aber doch, von der Hornhautveränderung abgesehen, muthmasslich geringer als im linken Auge. Denn, wenn wir annehmen, dass am linken Auge mit $M\,1/3$ der Radius in der Gesichtslinie sich in 8·23175 änderte, also dem des rechten Auges gleich würde und wenn wir den Werth der Linse gleich $1/3$ setzen, so hätte das Auge dann doch noch $M\,1/3\,1/4$.

Der zweite Fall ist interessanter, weil in diesem an Einem Auge durch Abnahme der Hornhautkrümmung die Myopie verringert, am anderen hingegen durch Krümmungszunahme der Cornea erhöht wurde. Der 14jährige Hutter (20. Nov. 1873) hat rechts ohne Glas $S\,10/50$, mit $-1/24$ $S\,10/30$. Am linken Auge ist S ohne Glas $<10/200$, mit $-1/6$ hebt sich die Sehschärfe auf $10/70$. Im Augengrunde zeigt sich weder rechts noch links ein an die Papille angrenzender Conus. Jedoch zeigt sich im linken Auge nach innen und unten von der Papille eine leichte diffuse Atrophie der Chorioidea. Am rechten Auge liegt gerade central eine kleine zarte Hornhauttrübung, am linken Auge deckt die Trübung die untere Hälfte des Pupillengebietes und zieht sich noch nach aussen und nach unten. Der Hornhautradius in der Gesichtslinie des rechten Auges ist 8·04020 M^{m}, nimmt sowohl nach aussen als nach innen zunächst durch etwa 8^{0} ab, um dann jederseits wieder zu wachsen. Am linken Auge ist der Radius um fast 1 M^{m} kleiner, er beträgt 7·09970 M^{m}, seine Grösse wächst gleichmässig nach aussen und nach innen von der Gesichtslinie. Auch in diesem Falle sind die Hornhautreflexe vollkommen scharf. Es muss vorbestehende Myopie angenommen werden, weil am rechten Auge trotz des grossen Radius noch Myopie da ist. In diesem Falle ist die Differenz in der Myopie

beider Augen durch die Differenz der Hornhautradien hinlänglic erklärt.

Ein dritter Fall betrifft den 22jährigen Andreas Fassanell (4. Jänner 1874). Patient hat immer schlecht in die Ferne gesehe Seine Angehörigen datiren seine Schlechtsichtigkeit von einer Krank heit, die er als 3jähriges Kind durchgemacht. Seine Myopie hat i letzterer Zeit nicht zugenommen. Er folgt nur den Mahnungen sein Freunde, indem er sich Rath erholt. Das rechte Auge zeigt divergiren den Strabismus von $2^1/_2'''$, welcher bei der Fixation eines im Abstand von einigen Zollen vorgehaltenen Fingers manchmal, nicht constar schwindet. Bulbi ein wenig prominent, Pupillen weit, vordere Kamm tief. Sclerotica in der Umgebung der Cornea von bläulicher Farbe, i Aequator bulbi flache Krümmung. Die Hornhaut zeigt beiderseits äusser zarte Trübungen, rechts ist der grösste Theil der Hornhaut getrüb links deckt die Trübung den unteren äusseren Theil der Pupille un zieht sich von da nach aussen und unten. Im rechten Auge Con nach aussen und etwas nach oben, dessen Höhe $= {}^3/_4$ Durchmesse der etwas längsovalen Papille, im linken Auge Conus nach aussen un etwas nach unten, dessen Höhe = circa 1 P. D. Die Gefässe de Aderhautstromas allseitig sichtbar, sonst keine Abnormität, sehr gering Erscheinungen des irregulären Astigmatismus.

Das rechte Auge liest nur Nr. 5 Jaeger auf $2^1/_2''$ buchstabiren S mit $- {}^1/_{2^1/_4}$, ${}^3/_4''$ vor K, $= {}^5/_{70}$. Das linke Auge liest Nr. 1 Jaege auf nahezu 3". S mit $- {}^1/_2$, ${}^3/_4''$ vor k, $= {}^{10}/_{70}$ (einzelne Buchstabe von L). Die ophthalmometrische Untersuchung ergibt so scharfe Reflex dass man durch dieselbe nicht auf das Vorhandensein von Hornhaut trübungen geführt würde. Der Radius in der Gesichtslinie beträgt rech 6·62140, links 6·58500 M^m. Es ist allerdings möglich, dass so klein Radien bei so hoher Myopie ohne Hornhauterkrankung vorkomme aber viel wahrscheinlicher ist es, dass die starke Krümmung der Horn haut eine Folge der entzündlichen Processe ist und als solche di durch Axenverlängerung erzeugte Myopie bedeutend steigert.

Sowie Hornhautveränderungen im positiven oder negativen Sinn ändernd auf Myopie wirken müssen, so wird ein Gleiches, wie selbst verständlich, von der Linse gelten. Entfernung der Linse aus de Pupillargebiete wird, wie wir sahen, Myopie in Hypermetropie od Emmetropie verwandeln. Bei präexistenter sehr hochgradiger Myopi kann auch im aphakischen Zustande noch Myopie restiren. Ich habe i einer früheren Vorlesung [1]) angeführt, dass ich selbst nie einen Fa

[1]) Pag. 229.

gesehen habe, in welchem nach der Staaroperation ein Concavglas zur Correction nöthig gewesen wäre. Seitdem habe ich jedoch in einem Falle von Schichtstaar Gelegenheit gehabt, vor der Operation durch Gläser so hochgradige Myopie zu diagnosticiren, dass auch nach Entfernung der Linse Myopie zu erwarten war. In der That kann man, da gegenwärtig die Resorption beider Linsen (nach Discissio cataractae) beendigt ist, constatiren, dass das linke Auge durch $-\,{}^1/_{10}$, das rechte durch $-\,{}^1/_{18}$ corrigirt wird. An der Macula lutea sieht man jetzt mit dem Spiegel beiderseits schwere krankhafte Veränderungen, weisse, weissbläuliche Exsudate nebst tiefschwarzen Pigmentneubildungen.

Andererseits wird Myopie durch Linsenluxation gesteigert werden. Adalbert Bina, 25 Jahre alt, hat am linken Auge $M\,{}^1/_{16}$, mit $-\,{}^1/_{16}\,S^{20}/_{20}$. Auf der unteren Hälfte des äusseren Opticusrandes sitzt ein ganz kleiner orangegelber mit Pigment umsäumter Conus auf. Radius in der Gesichtslinie = 7·48075. Das rechte Auge zeigt Strabismus divergens, $M\,{}^1/_5$, mit $-\,{}^1/_{4\,1/2}\,S^{10}/_{50}$. Im Augengrunde nichts Abnormes, der Conus in keiner grösseren Entwicklung als im linken Auge, Radius in der Gesichtslinie ganz derselbe, wie linkerseits. Patient erzählt, er habe vor 18 Jahren sich eine Verletzung des rechten Auges mit einem Holzstücke (genauere Details weiss er nicht anzugeben) zugezogen. Von dieser Zeit an habe er mit diesem rechten Auge, das dann auch bald nach aussen sich stellte, schlecht gesehen. Am inneren Hornhautrande etwas unterhalb des horizontalen Querdurchmessers sieht man knapp an der Scleralgrenze eine stecknadelkopfgrosse, weisse Narbe. Die Iris schlottert in ihrer äusseren Hälfte. Bei erweiterter Pupille (Durchmesser = 7·786 M^{m}·) sieht man in den unteren und inneren Partien der hinteren Rindenschicht der Linse unregelmässige, fleckförmige Trübungen sowie, falls man das Auge nach aussen blicken lässt, den Linsenrand.

Das linke Auge mit $M\,{}^1/_{16}$ hat seinen Nahepunkt in 4″, $\frac{1}{A} = {}^1/_{5\,1/4}$.

Am rechten Auge lässt sich das Vorhandensein von Accommodation noch mit Bestimmtheit nachweisen, jedoch wegen der Linsentrübung, die bei sich verengender Pupille störend wirkt, nicht genau bestimmen. Der Fall ist so zu deuten, dass in Folge der Verletzung die Zonula Zinnii des rechten Auges in ihrer äusseren Hälfte zerriss. Die Differenz in der Myopie beider Augen ist durch die stärkere Krümmung der Oberflächen der zum Theil ihres Aufhängebandes beraubten Linse zu erklären. Die Differenz der Myopie beträgt ${}^1/_{7\,3/11}$, die Accommodationsbreite des unverletzten Auges ${}^1/_{5\,1/4}$. Die vollkommene Uebereinstimmung in der Krümmung der Hornhaut in der Gesichtslinie, der ganz über-

einstimmende Befund im Augengrunde (in Betreff des Conus) stützen in ausgezeichneter Weise die allerdings ohnedies unzweifelhafte Diagnose.

Wir müssen noch auf die Aenderung des Brechzustandes zurückkommen, welcher durch beginnende Cataracta erzeugt werden kann. Ich habe vor Kurzem einen rüstigen 70jährigen Mann untersucht, welcher an beginnender Cataracta (Kernstaar) beider Augen, links weiter vorgeschritten als rechts, leidet. Er war stets kurzsichtig und hat den Nasenzwicker bei sich, mit dem er vor Beginn seiner Schlechtsichtigkeit gut in die Ferne sah. Er war passionirter Jäger und somit ist sicher, dass das Glas die Myopie wenigstens nahezu corrigirte. Es war dies ein ganz schwaches Concavglas, $^1/_{30}$ bis $^1/_{24}$. Am rechten Auge ist, wiewohl ich den Augengrund bei enger Pupille nicht mehr zu sehen im Stande war, das Sehvermögen noch so gut, dass man das corrigirende Glas wenigstens so weit bestimmen kann, um zu sagen, dass mindestens — $^1/_6$ zur Correction nothwendig ist. Hier hätten wir also eine bedeutende Steigerung der Myopie mit dem Beginne des Kernstaars einhergehend. Ich habe mich zu einer früheren Zeit dahin geäussert, dass es „problematisch bleibe, ob die Zunahme des Brechungsindex des Linsenkernes, welche den senilen Kernstaar einleitet, zu nachweisbarer Myopie führt[1].“ Ich führe aber doch diesen Fall jetzt auf und werde gleich noch einen anderen beibringen, weil ich aus den Verhandlungen der ophthalmologischen Gesellschaft in der letzten Heidelberger Session (1873) ersehe, dass durch zahlreiche Ophthalmologen (Critchett, Snellen, Ad. Weber, Ed. Meyer, Horner, Förster), welche den Gegenstand genauer verfolgt haben, die Abhängigkeit der Refractionszunahme von Cataracta zweifellos constatirt ist, daher auch für ähnliche Fälle ein anderer Erklärungsgrund nicht gesucht zu werden braucht. Indem ich bemerke, dass schon Schweigger es als ein *fait accompli* hinstellt, dass beginnender Kernstaar durch abnorme Erhöhung des Brechungsindex besonders im Linsenkern Kurzsichtigkeit bedingt[2], will ich noch folgende Krankengeschichte anführen: Ein 68jähriger Zimmermeister hat früher immer vortrefflich gesehen, er war Schütze, zielte mit dem rechten Auge. Vor 10 Jahren schaffte er sich Convexgläser für die Nahebeschäftigung an. Im Jahre 1868 fuhr Patient über den Bodensee und bewunderte bei dieser Gelegenheit den Sonnenaufgang, wobei er eine sehr starke Blendung empfand. Zu Hause angekommen, konnte er mit seiner Brille nicht mehr lesen, wohl aber, wenn er das Buch

[1]) Pag. 261 und 262.

[2]) Augenheilkunde. 1. Auflage. 1871, pag. 22; 2. Auflage. 1873, pag. 26.

recht nahe an die unbewaffneten Augen hielt. Gleichzeitig bemerkte er, dass er schlecht in die Ferne sehe. Die Verschlechterung des Sehens in Nähe und Ferne nahm hierauf allmälig zu. Am 14. Jänner 1873 war bei beiderseitiger Cataracta rechts mit Concav 5 S $^{10}/_{70}$, links wurden Finger auf 3′ gezählt; vier Monate später werden rechts Finger auf $2^1/_2$′, links auf 1′ gezählt. Am linken Auge wird Graefe'sche Operation vollführt. Die Prüfung nach 14 Tagen ergibt mit $+ {}^1/_{3^3/_4}$ (combinirt mit convexcylindrisch $^1/_{40}$) S $^{10}/_{20}$, drei Monate später mit $+ {}^1/_{3^1/_2}$ S $^{15}/_{20}$ voll. Augengrund normal. Dieses Auge war also sicherlich früher nicht myopisch gewesen; das andere rechte Auge kann es nicht gewesen sein. Eine so merkwürdige Anamnese ist mir selten untergekommen, ich konnte nicht daraus klug werden. Jetzt stehe ich nicht an, die Sache so zu deuten, dass bei dem 68jährigen Manne durch eine wie es scheint ganz plötzlich erfolgte bedeutende Erhöhung des Brechungsindex des Linsenkernes acute Myopie erzeugt wurde. Dann müssen wir auch zugeben, dass durch die Einwirkung der Sonne eine mit der Erhöhung des Index verbundene Veränderung im Linsenkerne und damit der Anstoss zur Cataractabildung gesetzt wurde.

Eine vorübergehende Zunahme der Refraction, bei welcher die Linse mitwirkt, beobachtete endlich Nagel bei „hypotonischen" Zuständen, d. h. bei verschiedenen mit vorübergehender Spannungsverminderung einhergehenden Erkrankungen des Auges. Nagel lässt es dahingestellt, „ob es blos ein wirklicher Ciliarmuskelkrampf ist oder daneben noch eine passive Refractionszunahme durch veränderte Lage und Befestigung der Linse in Folge von der Herabsetzung des intraocularen Druckes [1])."

Sowie Veränderungen im dioptrischen System den Grad bestehender Myopie beeinflussen können, ebenso verhält es sich, wenn Momente einwirken, welche an und für sich auf den Abstand der Netzhaut vom dioptrischen Systeme ändernd wirken. Es kann also Myopie durch Axenverlängerung, bedingt durch hinzutretende Chorioiditis (traumatischer oder nicht traumatischer Art), eine Steigerung erfahren, welche im Wesen der Myopie als solcher nicht gelegen ist. Andererseits wird bisweilen die Abnahme der Refraction nach Netzhautablösung subjectiv constatirt werden können. Man erinnere sich an das früher [1]) Gesagte. Besonders erwähnenswerth ist in dieser Hinsicht eine Beobachtung Horner's. Ein 61jähriger Mann mit geringer Netzhautablösung zeigt M $^1/_5$ und Sehschärfe $^1/_5$. Die Ablösung nimmt zu und demgemäss sinkt

[1]) Zehender's klinische Monatsblätter. 1873, pag. 400.

die Myopie auf $^1/_8$, $^1/_{12}$, $^1/_{18}$. Einen Monat nach der ersten Beobachtung zeigt sich sogar $H\,^1/_{36}$ und $S\,^1/_3$, wieder $7^1/_2$ Monate später $M\,^1/_6$ mit unveränderter (eigentlich, wenn man die verkleinernde Wirkung des Concavglases in Betracht zieht, gestiegener) Sehschärfe.

Es ist einleuchtend, dass alle genannten im dioptrischen System gelegenen, sowie den Abstand der Netzhaut von letzterem beeinflussenden Momente auch im typisch hypermetropischen Auge Platz greifen können und es wird nicht schwer fallen, anzugeben, in wiefern dadurch der optische Fehler erhöht, verringert, corrigirt oder in den entgegengesetzten verwandelt werden kann. Speciell will ich anführen, dass Förster constatiren konnte, dass eine grosse Anzahl Hypermetropen bei eintretender Cataractbildung emmetropisch wurde, sowie andererseits Horner in einem Falle von Diabetes bestehende Hypermetropie wachsen und mit der Besserung der Krankheit von $^1/_{14}$ auf $^1/_{38}$ wieder abnehmen sah. Horner erklärt dies aus einer Verkürzung der Augenaxe, bedingt durch die Abnahme des Bulbusinhalts in Folge der grossen Wasserverluste und der wieder erfolgenden Zunahme des Augeninhalts bei Besserung der Allgemeinerkrankung.

Zwanzigste Vorlesung.

Aetiologie und Verlauf von Hypermetropie und Myopie.

Mit der Feststellung, dass die typische Myopie als durch eine abnorme Dehnung der Augenhäute entstanden und die typische Hypermetropie als der Ausdruck für eine unvollkommene Entwicklung des Auges mit Einschluss der Netzhaut zu betrachten sei, kommt man zu dem Schlusse, dass sowie die beiden optischen Fehler nicht Refractionsfehler, nicht Fehler in der Brechkraft des dioptrischen Systems sind, sie auch überhaupt gar keine einfachen optischen Fehler, bedingt durch fehlerhaften Abstand des dioptrischen Systems von der percipirenden Netzhautschichte, darstellen.

Die weitere Frage ist die: Wie haben wir uns die Entwicklung des hypermetropischen und myopischen Auges vorzustellen? Das hypermetropische Auge ist ein unentwickeltes. Es wäre nun ganz gut möglich und a priori nicht unwahrscheinlich, dass, wenn das Auge im Wachsthum und wenn namentlich die Ausbildung der percipirenden Netzhautelemente nicht gehörig vorwärts geht, auch das dioptrische

System des Auges sich abnorm entwickelt und dabei stärker brechend wird als im entwickelten, emmetropischen Auge. Ein solches Auge könnte dann trotz seiner mangelhaften Ausbildung das optische Gepräge der Emmetropie an sich tragen. Allein die Erfahrung zeigt, dass alle evident unvollkommen entwickelten Augen auch hypermetropisch sind. So lehrt die Untersuchung des Refractionszustandes der Augen der Thiere mit Hilfe des Augenspiegels, dass diese Augen meistens hypermetropisch und zwar um so stärker hypermetropisch sind, je weiter man in den Classen der in Luft lebenden Wirbelthiere herabsteigt. So ist das wahrhaft mikrophthalmische menschliche Auge immer hochgradig hypermetropisch. Ich habe einmal einen 36jährigen Mann von riesigem Körperbau mit Mikrophthalmus untersucht, bei welchem nebst den gewöhnlich den Mikrophthalmus begleitenden Erscheinungen (Colobom der Iris und Chorioidea u. s. w.) gefunden wurde: Querdurchmesser der Hornhäute 7·2, Höhendurchmesser 8·1 M^m, die Linse in beiden Augen von der Zonula Zinnii abgelöst bis auf eine Stelle nach unten, wo sie noch haftet, so dass man sie bei aufrechter Kopfhaltung des Patienten horizontal in der Tiefe liegen sieht. Die Refraction des rechten Auges ist dadurch gegeben, dass Convex $^1/_{2^1/_2}$ 1″ vor das Auge gesetzt (in Brillenfassung kann das Glas der Hornhaut nicht mehr genähert werden) das corrigirende ist. Links ist unter derselben Bedingung Convex $^1/_3$ corrigirend. Die Sehschärfe des rechten Auges ist mit dem Correctionsglase $= {}^6/_{70}$ nahezu, die des linken ${}^6/_{200}$. Nehmen wir die wirkliche Brennweite des nach Wiener Maass geschliffenen Convexglases von $2^1/_2$″ B. W. mit $2^1/_4$ P. Z., die des Convexglases $^1/_3$ mit $2^3/_4$ P. Z. an (was zum Mindesten geschehen muss), dann besteht im rechten Auge bei einem Abstande des Glascentrums vom Knotenpunkte $= {}^5/_4$″, $H\frac{1}{2^1/_4 - 1^1/_4} = {}^1/_1$, im linken Auge $H\frac{1}{1\cdot 5}$. Geben wir der Linse den Werth, der ihr im entwickelten emmetropischen Auge zukommt, also den Werth von $\frac{1}{2\cdot 6}$, so hatte das rechte Auge mit der Linse am richtigen Platze $H\,{}^1/_1 - \frac{1}{2\cdot 6} = H\frac{1}{1\cdot 6}$, das linke $H\frac{1}{3\cdot 5}$. Die Hypermetropie war beiderseits sicherlich bedeutend grösser, weil der Werth der Linse ein beträchtlich kleinerer gewesen sein dürfte. Und von diesem wahren Mikrophthalmus zu den hochgradig hypermetropischen Augen mit wohlgebildeter Cornea sind Uebergänge anzunehmen. In diesen letzteren hat die Cornea die normalen oder nahezu normalen Dimensionen erreicht, das Colobom im Scleraltract fehlt, aber der Typus

des unentwickelten Auges, die hochgradige Hypermetropie und die mangelhafte Entwicklung der Netzhaut, gekennzeichnet durch eine hochgradige Herabsetzung der Sehschärfe, sind noch da. Je vollkommener entwickelt das Auge ist, desto mehr entspricht die Axenlänge dem Abstande des hinteren Brennpunktes des dioptrischen Systems von der Cornea, desto vollkommener entwickelt ist die Netzhaut, desto grösser also die Sehschärfe.

Diese Unvollkommenheit des Auges ist als solche oder in der Anlage angeboren. Als solche zu Welt gebracht wird natürlich der wahre Mikrophthalmus und aller Wahrscheinlichkeit nach auch die einfache hochgradige Hypermetropie, d. h. schon das Auge des Neugeborenen ist hochgradig hypermetropisch. Die Untersuchungen in dieser Hinsicht sind allerdings noch wenig cultivirt worden, und nur durch Eduard v. Jäger wissen wir etwas über den Brechzustand der Augen Neugeborener. v. Jäger hat bei Neugeborenen hochgradige Hypermetropie nicht gefunden. Unter 100 Augen von Neugeborenen im Alter von 9 bis 16 Tagen sind allerdings 17 hypermetropisch, aber die Hypermetropie beträgt in 8 % nur $^1/_{40}$, und in 9 % $^1/_{25}$, höhere Grade wurden nicht beobachtet. Aber bei der relativen Seltenheit hochgradiger Hypermetropie im Vergleiche mit Emmetropie und schwacher Ametropie wird ein solcher Mangel hochgradiger Hypermetropie in Einer Untersuchungsreihe nicht beweisend sein können.

Was soll das bedeuten: Die Hypermetropie ist in ihrer Anlage angeboren, wenn sie nicht als solche angeboren ist? Wir müssen antworten: Ein Auge können wir nach seinem ganzen Werthe erst dann beurtheilen, wenn das Individuum selbst vollkommen entwickelt ist. Nach dem, was wir nämlich durch v. Jäger über die Augen Neugeborener wissen und nach dem, was die Untersuchung kindlicher Augen ergibt, lässt sich über die Refractionszustände, welche das Auge von der Geburt bis zur vollständigen Entwicklung des Organismus durchläuft, Folgendes sagen. Die Augen Neugeborener sind im Allgemeinen kurzsichtig. Unter 100 solchen Augen finden sich nebst den schon erwähnten 17 % Hypermetropischen nur 5 % emmetrope und 78 % myopische und zwar ist die Myopie dieser 78 Augen so vertheilt, dass 1 Auge $M^1/_{45}$, 3 $M^1/_{20}$, 26 $M^1/_{15}$, 20 $M^1/_{12}$, 14 $M^1/_{10}$, 10 $M^1/_8$ und 4 $M^1/_6$ darbieten. Untersucht man nun die Augen von Kindern von 4—6 Jahren, so findet man, wie mir dies schon lange bei der Augenspiegelprüfung aufgefallen ist, dass dieselben grösstentheils hypermetropisch sind. Als Cohn 199 rechte Augen emmetropischer Dorfkinder im Alter von 6—13 Jahren atropinisirte, fand er 198 hypermetropisch

und beim 199., dem rechten Auge eines neunjährigen Knaben, das auch nach der Atropinisirung jedes Convexglas verwarf, war die Accommodation nicht vollständig gelähmt. Wenn wir die Hypermetropie, welche in 41 Fällen nur $^1/_{80}$ bis $^1/_{50}$ betrug, nicht in Betracht ziehen, so bleibt noch für 130 Fälle $H^1/_{40}$ bis $^1/_{20}$, für 24 Fälle $H^1/_{18}$ bis $^1/_{10}$, in zwei Fällen zeigte sich $H^1/_8$ und 1mal $^1/_7$. In der ganzen Untersuchungsreihe hatte Cohn 480 Augen von 240 Kindern geprüft. Nach Ausschluss von 24 mit Krankheiten und Amblyopie behafteten Augen zeigten von den übrigen 456 nur 4 Augen Myopie und 17 manifeste Hypermetropie, die übrigen 435 schienen emmetropisch. Von diesen wurden 199 rechte Augen unter Atropin untersucht, und zeigten sich, wie gesagt, hypermetropisch. Dieselbe Einstellung boten auch noch 12 andere Augen nach Atropinisirung dar, welche vor der Atropinisirung gleichfalls emmetropisch, aber gleichzeitig amblyopisch waren, d. h. Nr. 20 Snellen auf 20′ nicht lesen konnten. Untersucht man endlich die Augen Erwachsener im Alter von 20 bis 25 Jahren, ohne sich aber etwa auf die Augen Schriftgelehrter zu beschränken, so wird man finden, dass diese zumeist emmetropisch sind, wenn wir geringe Hypermetropie von $^1/_{80}$ bis $^1/_{60}$ noch in das klinische Bild der Emmetropie einbeziehen.

Die Entwicklung des emmetropischen Auges ist hierbei folgende. Die Axe der Augen Neugeborener beträgt nach v. Jäger im Mittel 17·5 M^m. Trotz dieser kurzen Axe ist das neugeborene Auge im Allgemeinen myopisch, weil das dioptrische System des Auges unverhältnissmässig stark brechend ist. Wie sich der Hornhautradius bei Neugeborenen verhält, wissen wir zwar nicht, aber von der Linse weiss man, dass sie dicker und convexer ist und der Cornea näher liegt als im erwachsenen Auge. Wenngleich auch in dieser Beziehung genaue Maasse für das lebende Auge nicht bekannt sind, so kann man doch verstehen, dass bei einer bestimmten Stärke der Krümmung der Linsenflächen und einer grösseren Dicke der Linse der hintere Brennpunkt des dioptrischen Systems vor die Netzhaut fällt. Jedoch darf man nicht glauben, dass sich hierdurch allein jeder Myopiewerth des neugeborenen Auges erklärt. Auch wenn der Conus im Augengrunde fehlt, kann man wohl annehmen, dass jene Augen, welche z. B. $M^1/_6$ darbieten, schon in der Fötalperiode durch Dehnung der Augenhäute eine Axenverlängerung erlitten und der Grund dieser höheren Myopie also nicht allein in der unverhältnissmässig grossen Brechkraft des dioptrischen Systems gelegen ist. Schreitet die Entwicklung des Auges vorwärts, so muss man sich vorstellen, dass mit dem Wachsen der Durchmesser des Bulbus die Linse der Form, welche ihr im erwach-

senen Auge zukommt, sich rascher nähern kann, als die Augenaxe der Länge, die sie im entwickelten Auge hat. Dadurch kann es geschehen, dass im kindlichen Lebensalter der hintere Brennpunkt des dioptrischen Apparates hinter die Netzhaut wandert, und so das Auge hypermetropisch wird. Die weiter fortschreitende Ausbildung des Auges betrifft zumeist die Zunahme der Dimensionen. Die Netzhaut entfernt sich vom dioptrischen System, das Linsensystem wird vielleicht auch noch etwas, aber nicht in gleicher Proportion flacher, die Netzhaut nähert sich dadurch immer mehr dem hinteren Brennpunkte und erreicht ihn endlich, das Auge wird emmetropisch.

Das dürfte wohl die rationellste Art und Weise sein, um sich zu erklären, wieso die Augen Neugeborener zumeist myopisch, die Augen der Kinder zumeist hypermetropisch und jene der Erwachsenen zumeist emmetropisch sind. Damit ist nicht etwa gesagt, dass jedes emmetropische Auge diese Wandlung durchmachen müsse. Bei den grossen Schwankungen in den Längen der Augenaxen (v. Jäger fand z. B. bei einem 14tägigen Kinde eine Axe von 16·1 und bei einem 10tägigen eine solche von 19·1 M^m·) und bei den Geheimnissen, welche die fortschreitende Ausbildung des Auges noch umhüllen, ist es leicht möglich, dass ein Auge von der Geburt an bis zur vollständigen Reife stets emmetropisch bleibt oder sich nur in sehr geringem Grade in den verschiedenen Entwicklungsstadien davon entfernt. Aber eine capitale Verirrung wäre es, falls man aus dem Umstande, dass Kindesaugen zumeist hypermetropisch und die Augen Erwachsener zum grössten Theile emmetropisch sind, den Schluss ziehen wollte, es wäre die Emmetropie durch Dehnung des hypermetropischen Auges zu Stande gekommen, sowie die Myopie durch Dehnung der Augenhäute sich entwickelt. Eine solche Anschauung über die Umwandlung von Hypermetropie in Emmetropie wäre ungefähr derjenigen vergleichbar, wenn man die erwachsenen Individuen sich dadurch aus Kindern entstanden vorstellen wollte, dass die letzteren in einem Procrustesbett so lange gewaltsam gestreckt wurden, bis sie die Länge der Erwachsenen erreichten.

Nun wird auch begreiflich, was es sagen will, dass die Hypermetropie als solche oder in ihrer Anlage angeboren ist. Das Auge, das nach Vollendung des Wachsthums hochgradige Hypermetropie, $H^1/_4$ oder $^1/_{3·5}$, darbieten wird, wird auch schon trotz des entgegenwirkenden Einflusses von Seite des dioptrischen Systems als neugeborenes höhere Hypermetropie zeigen, als sie v. Jäger überhaupt fand und jene Augen, die v. Jäger bald nach der Geburt überhaupt hypermetropisch

fand, werden es wahrscheinlich auch fürderhin bleiben — dann ist also die Hypermetropie angeboren.

Andererseits kann aber das Auge als neugeborenes geringe Myopie zeigen (umsomehr, als Veränderungen im dioptrischen System, welche dem typisch hypermetropischen Auge eigen wären, nicht mit Sicherheit bekannt sind), trotzdem die Anlage zur Hypermetropie, d. i. zur mangelhaften Ausbildung der Dimensionen des Auges und der percipirenden Netzhautschichte angeboren ist. In einem solchen Auge wird die Hypermetropie im Kindesalter sofort stärker hervortreten, als in jenen Augen, die später emmetropisch werden, und mit vollendeter Entwicklung des Auges ist ein bestimmter Grad der Ametropie gegeben. Dass auch in diesen Augen die Hypermetropie bis zu beendetem Wachsthum des Auges abnehmen kann, ist wahrscheinlich, ja wenn ich meinen Aufschreibungen über einzelne, durch einige Jahre beobachtete hochgradige kindliche Hypermetropen trauen darf, sogar erwiesen. Es ist leicht zu verstehen, dass nicht alle latenten Hypermetropen aus der Cohn'schen Untersuchungsreihe später, im Alter von 20 Jahren Emmetropen werden, es dürfte kein Zweifel sein, dass jene Kinder, die eine grössere Hypermetropie als $^1/_{20}$ zeigten, auch fernerhin Hypermetropen bleiben und mit den Jahren in Asthenopie oder wenigstens frühzeitige Presbyopie verfallen werden.

Ist die Hypermetropie, sowie sie als solche oder in ihrer Anlage angeboren ist, auch ererbt? Donders hat gefunden, dass, wenn von den Eltern eines an Hypermetropie leidet, dieselbe Anomalie sich auch gewöhnlich an einem oder mehreren Kindern findet. Ich habe auffallenderweise beobachtet, dass sich bei Hypermetropen (und namentlich habe ich auch hochgradige dabei im Auge gehabt) nur selten nachweisen lässt, dass Vater oder Mutter hypermetropisch sind oder waren. Dagegen kommt es häufig vor, dass mehrere Geschwister hypermetropisch sind, während die Eltern keine Hypermetropie zeigen. Ein solches Vorkommen gibt auch Donders an. Es spricht dies immerhin dafür, die Anomalie als ein ererbtes Uebel anzusehen, wenngleich die Eltern von demselben frei sind. Wir dürfen nicht vergessen, dass, wie wir dies für die Myopie nachweisen werden, auch bei Hypermetropie Eine Generation übersprungen werden kann.

Wohlan, wie haben wir die Myopie aufzufassen? Der Annahme entgegen, dass das absolute Maass der Axenlänge den myopischen Bau anzeige, haben wir nachgewiesen, dass die gleiche Länge des Auges

sowohl in einem emmetropischen als in einem hochgradig myopischen Auge vorkommen kann, gleichzeitig aber nicht die Ueberzeugung gewonnen, dass Myopie auf einem einfachen Missverhältniss zwischen der Brennweite des dioptrischen Systems und der Axenlänge begründet sein könne, sondern vielmehr an der Dehnung der Augenhäute als Ursache der Myopie, wie dies die fast allgemeine Anschauung ist, festgehalten.

Die Myopie ist, sowie die Hypermetropie, als solche oder in ihrer Anlage angeboren. Augen Neugeborener, welche, wie v. Jäger fand, $M^1/_6$ zeigen, bleiben sicherlich durchs ganze Leben myopisch. Dieses Verhältniss ist aber das weitaus seltenere. Fast in allen Fällen ist nicht die Myopie, sondern nur die Anlage zur Myopie angeboren. In Betreff der Hypermetropie ist nur selten behauptet worden, dass durch die Einwirkung besonderer Einflüsse auf das sich entwickelnde Auge Uebersichtigkeit entstehen könne, da für die unvollkommene Stufe, auf welcher das hypermetropische Auge stehen bleibt, die Annahme einer angeborenen Bildungsanomalie ausreicht. Ganz anders steht es mit dem myopischen Auge. Es wäre sehr gut denkbar, dass durch gewisse Schädlichkeiten, welche das jugendliche Auge treffen, und durch diese Schädlichkeiten allein eine Dehnung des Auges, vor allem in seinem hinteren Abschnitte, eingeleitet, damit Myopie gesetzt und durch die Fortdauer der misslichen Einflüsse immer mehr gesteigert würde. In der That hat man in neuester Zeit angefangen, sich der Ansicht hinzuneigen, dass es zur Entstehung der Myopie nicht einer angeborenen Disposition, sondern nur einer gewissen Summe von Schädlichkeiten bedürfe. Mir persönlich kann jedoch die Berechtigung einer solchen Annahme nicht einleuchten. Wenn eine gewisse Häufung nachtheilig wirkender Potenzen in jedem Auge, ohne dass eine angeborene Disposition zur Myopie besteht, bestimmte Wirkungen hervorruft, dann ist nicht zu verstehen, warum von einer Anzahl von Individuen, welche den gleichen Schädlichkeiten unterworfen sind, nur ein Theil und zwar ein kleinerer Theil in Myopie verfällt, die anderen emmetropisch bleiben, warum also, da aus den Beschäftigungen des Auges in der Nähe alles myopische Unheil fliesst, nicht jeder Gebildete myopisch ist. Lehrreicher, wie die Folgen einer Discussion dieser Frage sein könnten, sind die Beobachtungen, welche man in Myopen-Familien macht. Ich will einige specielle Fälle anführen. In einer Familie I zeigen Vater und Mutter $M^1/_{12}$. Von den 13 Kindern, 9 weiblichen und 4 männlichen sind 9 (6 w. + 3 m.) auf beiden Augen kurzsichtig, 1 (w.) auf einem Auge myopisch, am anderen emmetropisch, nur 3 (2 w. + 1 m.) auf beiden Augen Emmetropen mit ausgezeichneter Sehschärfe.

Wie kommt es nun, dass diese drei, welche in der gleichen Weise wie die anderen erzogen wurden, nicht myopisch wurden? In einer Familie II (Köllensperger) [1]) ist der 49jährige Vater hochgradig myopisch, hat $M^1/_4$, die Mutter ist emmetropisch. Von den 12 Kindern sind sämmtliche neun Söhne hochgradig myopisch (der 12jährige Josef [2]) hat bereits $M^1/_{6\cdot5}$), die drei Töchter hingegen emmetropisch. Glaubt man vielleicht, dass das weibliche Geschlecht weniger den Schädlichkeiten des Nahesehens ausgesetzt ist? Weit gefehlt! Ganz im Gegentheile. Während den Knaben trotz der heutigen verkehrten Erziehung doch noch einige Freiheit im Luftschöpfen gegönnt wird, können sich die Mädchen dessen kaum rühmen und die „Erholungsstunden" vom literarischen Unterrichte und der Klaviermaltraitirung werden mit möglichst feinen Nähereien und Stickereien ausgefüllt. In einer Familie III, in welcher die mit $M^1/_3$ behaftete Mutter die älteste Tochter der Familie I und der Vater emmetropisch ist, sind von den 6 erwachsenen Kindern die 3 Söhne kurzsichtig, die 3 Töchter emmetropisch. Wir wollen im Momente nicht auf die Art der Uebertragung der Myopie von Eltern auf Kinder eingehen, wir wollen nur sagen: Wenn unter den erschwerendsten Umständen, bei Myopie der Eltern, bei Myopie des grössten Theils der Geschwister, bei Einwirkung der gleichen schädlichen Momente, bei Vorhandensein einer, wie wir gleich hören werden, latenten Vererbung, einzelne Individuen emmetropisch bleiben, so zeigt das, glaube ich, klar, dass nichts in einem Auge Myopie erzeugen könne, wenn die Anlage dazu nicht angeboren ist. Ein ebenso eclatanter Beweis für die Nothwendigkeit der angeborenen Anlage ist der, dass nicht gar so selten blos Ein Auge myopisch wird, das andere hingegen emmetropisch bleibt. Wie kommt es denn, dass dieses zweite Auge nicht myopisch wurde? Diese einäugige Myopie durch „disparate unmittelbare Anpassung" erklären zu wollen, geht wie wir hier gleich bemerken wollen, durchaus nicht an. Ein Auge wird also nur myopisch, wenn die Anlage zur Myopie angeboren ist. Wir sprechen von der regulären typischen Myopie.

Es pflanzt sich die Myopie fort 1. nach dem Gesetze der ununterbrochenen Vererbung, so zwar also, dass die Myopie der Eltern auf die Kinder übergeht, doch könnte ich v. Hasner's Beobachtung nicht bestätigen, nach welcher die Myopie die erstgeborenen Kinder verschont und erst bei den späteren Kindern und zwar mit immer höheren

[1]) S. pag. 452.
[2]) S. pag. 452.

Graden sich einstellt. Die Vererbung geschieht nach v. Jäger in der Art, dass häufig auch die Form des Conus sich vererbt. So hat v. Jäger nicht selten schon im Auge des Neugeborenen ähnliche Formen wie in jenem der Mutter wahrgenommen. So hat derselbe Forscher die Uebereinstimmung in der Form und Grösse der Coni unter den Gliedern einer und derselben Familie oft in so hohem Maasse gefunden, dass sich die Aehnlichkeit sogar auf das rechte und linke Auge erstreckt. 2. pflanzt sich die Kurzsichtigkeit fort nach dem Gesetze der discontinuirlichen oder latenten Vererbung, so dass die Myopie eine Generation (oder vielleicht auch mehrere Generationen) überspringt und dann wieder in den Enkelkindern hervortritt. Z. B. Eine emmetropische Tochter der genannten Familie I hat aus der Ehe mit einem emmetropischen Mann vier Kinder, von welchen 3 myopisch und zwei davon schon im Kindesalter hochgradig myopisch sind. Der einzige emmetropische Sohn derselben Familie I hat aus der Ehe mit einer emmetropischen Frau drei Kinder, von welchen das älteste geringe, das dem Alter nach zweite bereits in jungen Jahren höhere Myopie zeigt. Diese Fälle mögen gleichzeitig zeigen, wie die Schlüsse, die man aus einigen Untersuchungsreihen ziehen wollte, nach welchen die erworbene Myopie eine viel wichtigere Rolle als die in der Anlage ererbte spielen soll, schon aus dem Grunde der latenten Vererbung allein mit grösster Vorsicht aufzunehmen sind.

Was nun abgesehen von der Continuität oder Discontinuität der Vererbung andere Vererbungsgesetze anbelangt und zunächst das der sexuellen Vererbung (nach welchem sich Eigenschaften des Vaters auf männliche, und solche der Mutter auf weibliche Nachkommen übertragen), so hat z. B. Jüngken schon vor langer Zeit angegeben, dass es nicht selten Fälle gebe, in denen die Myopie auf ein Geschlecht beschränkt sich fortpflanze. „So findet man z. B. bisweilen" heisst es „in einer Familie alle Töchter kurzsichtig, während die Söhne gut sehen und umgekehrt." Cohn zog (allerdings aus der geringen Beobachtungszahl von 28 Fällen) mit Wahrscheinlichkeit den Schluss der sexuellen Vererbung, Erismann konnte jedoch aus einer viel grösseren Beobachtungszahl das genannte Gesetz nicht gewinnen. Es überwog da sowohl bei Knaben als bei Mädchen absolut die Zahl der myopischen Väter. Wir haben früher zum Zwecke einer anderen Betrachtung einige Beispiele angeführt, die wir so wählten, dass sie auch für die vorliegende Frage nicht uninteressant sind. In der Familie II tritt die sexuelle Vererbung eclatant hervor, neun myopische Söhne bei Myopie des Vaters, 3 emmetropische Töchter bei Emmetropie der Mutter. In

der Familie III findet sich aber ganz entgegengesetzt der Uebergang der Myopie von der Mutter auf die Söhne. Schon dieser letztere Fall zeigt, dass das Gesetz der sexuellen Vererbung für Myopie nicht allgemein giltig ist. In der That ist die gewöhnliche Beobachtung die, dass bei Myopie eines der Eltern theils männliche, theils weibliche Kinder Myopie zeigen.

Was sagt das Gesetz der gemischten Vererbung, nach welchem Eigenschaften beider Eltern auf jedes der Kinder übertragen werden können, in dem uns in Anspruch nehmenden Falle? Sind beide Eltern myopisch, so ist die Myopie der Kinder durchschnittlich höher, als die höchste Myopie eines der Eltern, und nicht selten gleich oder grösser als die Summe der Myopien beider Eltern. Da solche Eltern aber auch emmetropische Kinder zeugen können, so können auch begreiflicher Weise einzelne Kinder mit einer geringeren Myopie als die Eltern behaftet sein. Ob bei Myopie des Vaters und der Mutter hypermetropische Kinder überhaupt zum Vorschein kommen können, ist mir unbekannt. Dass bei exquisiter Myopie beider Eltern, bei den Kindern nicht Myopie, sondern wie Mannhardt es für die Regel hält, myopischer Astigmatismus vorkommt, habe ich in keinem einzigen Falle beobachtet. Ist Vater oder Mutter myopisch, der andere Theil emmetropisch, dann kommt es nicht selten vor, dass sich der günstige Einfluss des emmetropischen Theils dadurch kenntlich macht, dass die Myopie der Kinder wesentlich geringer als jene des elterlichen Myopen ist. Ueber das Schicksal der Augen der Kinder, falls eines der Eltern myopisch, das andere hypermetropisch ist, herrscht tiefes Dunkel.

Wir müssen jetzt von den Gesetzen der Vererbung zu jenen der Anpassung, also zu der Rolle übergehen, welche die indirecte und die directe Anpassung in der Lehre von der Myopie spielen. Wir haben schon früher gesagt, dass wir für die Myopie nur das Gesetz der indirecten Anpassung gelten lassen, das heisst, dass auch in den Fällen, in welchen die Myopie weder in continuirlicher, noch in latenter Vererbung ihren Grund hat, dieselbe doch in ihrer Anlage angeboren, also in einer unbekannten Beeinflussung des elterlichen Organismus ihre letzte Ursache zu suchen ist. Durch directe, unmittelbare Anpassung allein, also durch die Einwirkung bestimmter Einflüsse allein, welche das Auge direct und unmittelbar treffen, wird kein Auge myopisch. Dagegen spielt die directe Anpassung eine hochwichtige Rolle in den Fällen, in welchen durch Vererbung oder indirecte Anpassung die Anlage zur Myopie gegeben ist.

Vor Allem muss aber hervorgehoben werden, dass es durch die Einflüsse der Vererbung, der indirecten und directen Anpassung, welche bei der Myopie eine Rolle spielen, nicht etwa zu einer Vervollkommnung des Organes kommt, wodurch es den Anforderungen, welche die fortschreitende Civilisation an dasselbe stellt, gerechter werden könnte. Das emmetropische Auge genügt allen solchen Anforderungen vollkommen, sein einziger unwesentlicher Nachtheil ist, dass es ungefähr vom 50. Jahre angefangen zum Arbeiten in die Nähe Convexgläser bedarf, ohne dass es aber dadurch an Leistungsfähigkeit verlöre. Ich will übrigens gern zugeben, dass wenn Vererbungs- und Anpassungsgesetzen gemäss das Auge immer nur eine mässige Myopie $^1/_{18}$ bis $^1/_{12}$ erben oder erwerben würde, dies als eine zweckdienliche Vervollkommnung angesehen werden könnte, weil solche Augen den Vortheil hätten, bis in das hohe Alter ohne jegliche Glas-Unterstützung Alles, was ihnen unterkommt, wenn es nur nicht zu feine Details hat, deutlich zu sehen, und aus der Lage ihres Fernpunktes ihnen kein anderer Nachtheil entstände, als dass sie zum deutlichen Sehen in die Ferne eines Concavglases bedürften. Ja selbst eine beliebig weite Annäherung des Fernpunktes an das Auge, wenngleich damit sich mancher Nachtheil verbindet und wenngleich keine Anpassung eine Heranrückung des Fernpunktes auf 6, 5 oder weniger Zoll erfordert, selbst diese könnte noch passiren, wenn durch die oft genannten Einflüsse das Auge in seinen absoluten oder (mit Beziehung auf die Brennweite des dioptrischen Systems) relativen Dimensionen dadurch zunehmen würde, dass Sclerotica, Chorioidea und Netzhaut eine grössere Ausbreitung in Folge normalen Wachsthums erlangen. Wenn Erismann, welcher gerade die Missverhältnisse bei Myopie ziemlich grell beleuchtet hat, sagt, dass die Erscheinung des Fehlens von Aderhautatrophie bei erblich myopischem Baue der Augen, wenn auch von ihm selbst nicht beobachtet, ganz erklärlich sei, weil durch Vererbung und Anpassung die verlängerte Bulbusaxe ein „normales Verhalten“ werden kann, „dem sich dann natürlich die Augenhäute in ihrer Bildungsanlage ebenfalls anpassen, so dass wir dann verlängerte Bulbi ohne Atrophie der Chorioidea und ohne locale Ectasieen bekommen“, so ist diese optimistische Auffassung durch nichts gerechtfertigt, da bei dem Jahrtausende langen Bestande der Myopie die Augen schon Zeit gehabt hätten, dieses Anpassungsgesetz zu bewahrheiten, und von Seite Erismann's um so auffallender, als sie in schwerem Widerspruche mit Erismann's eigenen Beobachtungen steht. Wenn Erismann fortfährt: „Wir hätten auf diese Weise die tröstliche Aussicht, dass nach einigen Generationen die Europäer

enigstens die Städtebewohner, alle myopisch sein werden", so wäre iese allgemeine Myopie gar kein so grosses Unglück, falls die myopischen ugen wirklich, wie Erismann glaubt, dann einfach zu lange Augenxen bei vollkommen normaler Ausbildung aller Theile, vornehmlich er Netzhaut haben würden. Da aber dies nicht der Fall ist, da das yopische Auge ein abnorm gedehntes ist, da durch Vererbung nd indirecte Anpassung nur die pathologische Dehnung oder die nlage zu pathologischer Dehnung übertragen und durch das inzutretende Moment der directen Anpassung die Ausbildung der enannten pathologischen Dehnung befördert wird, so ist die Myopie in wirkliches Uebel und droht eben wegen der Giltigkeit der Verrungs und Anpassungsgesetze ein immer grösseres zu werden, wenngleich es sehr übertrieben scheint, falls man die Befürchtung hegt, es könnten in einigen Generationen alle Europäer, oder auch nur alle Städtebewohner myopisch werden.

Die angeborene Anlage zur Myopie ist in nichts Anderem zu uchen, als in einer zu geringen Festigkeit der Sclerotica, namentlich in deren hinterer Hälfte. Diese verminderte Resistenz er Sclerotica verschuldet es, dass wenn dieselbe einen bestimmten rad erreicht, in Folge des im Innern des Auges herrschenden Druckes nter allen Umständen eine Dehnung der Sclerotica namentlich in deren nteren Partien sich entwickelt. Es kann dies schon im Fötus geschehen, der in den ersten Lebensjahren eintreten. Die Myopie in Folge von xenverlängerung zeigt sich dann schon beim Neugeborenen oder wird reits in den ersten Lebensjahren sichtbar.

Ist die Resistenz der Sclerotica nicht in hohem Grade vermindert, nn kann die Myopie falcultativ sein, d. h. es kann sich einerseits eignen, dass wenn das Individuum sein Leben lang alle jene Schädchkeiten meidet, durch welche der intraoculäre Druck vorübergehend höht wird, es in einem solchen Auge trotz der angeborenen Anlage ch nicht zur Dehnung der Sclerotica, also nicht zur Myopie kommt. nderseits wird aber ein solches Auge myopisch werden, wenn die genannten Schädlichkeiten auf dasselbe einzuwirken Gelegenheit haben, nd je intensiver diese nachtheiligen Momente einstürmen und je länger ihre Wirkungsdauer ist, desto mehr wird die Dehnung des Auges nstigt, desto höhere Grade kann die Myopie annehmen. In Anetracht dieser Verhältnisse kann es nicht Wunder nehmen, wenn ie Augen eines Individuums mit angeborener Myopie-Anlage in den rsten Lebensjahren ganz dieselbe Entwicklung durchmachen, wie ndere Augen, in denen diese Anlage fehlt, dass sie also zunächst

nach der Geburt im leichten Grade myopisch sind, dann etwa, wie so viele andere, hypermetropisch werden, und dass erst zu jener Zeit, in welchen die Schädlichkeiten der directen Anpassung sich bemerkbar machen, die Folgen der angeborenen Anlage hervortreten und unter begünstigenden Umständen sich bis zu einem bestimmten Grade steigern. Diese Resistenzlosigkeit der Sclerotica besteht in der Regel nicht durch das ganze Leben, sondern sie erreicht gewöhnlich ihr Ende mit der Beendigung der vollkommenen Entwicklung des Individuums. In der Mitte oder gegen das Ende der zwanziger Jahre macht in der Regel der durch die angeborene Anlage bedingte Dehnungsprocess der Lederhaut halt.

Ehe wir auf die Schädlichkeiten der directen Anpassung und auf den ganzen Verlauf der Myopie genauer eingehen, sei noch ein Wort in Betreff des Ueberganges von Hypermetropie in Myopie gesprochen. Dass ein Auge, welches in der Kindheit einen gewissen Grad von Hypermetropie zeigt, später emmetropisch oder myopisch wird, ist zum Theile ein natürlicher Entwicklungsvorgang und gefehlt wäre es, schon den Uebergang des Auges in Emmetropie als durch Dehnung seiner Häute sich entstanden zu denken. Kann aber ein Auge, das im Kinder- oder Jünglingsalter einen evidenteren Grad von Hypermetropie aufweist und welches vermöge des normalen Entwicklungsganges durch das ganze Leben hindurch hypermetropisch bliebe, unter Umständen myopisch werden, also nicht durch Accommodationskrampf Myopie vortäuschen, sondern durch Axenverlängerung legale Myopie erwerben? An und für sich hätte dieser Vorgang nichts Merkwürdiges. Wenngleich Myopie und Hypermetropie, sowie sie sich in das Gewand der rein optischen Fehler werfen, als Gegner sich gegenüber stehen, so vergesse man anderseits nicht, dass das hypermetropische Auge ein unvollkommen gebildetes, das myopische ein gedehntes ist. Es wäre daher nichts Wunderbares, wenn jenem ersteren Auge in gar manchen Fällen noch eine verminderte Resistenz der Sclerotica angeboren wäre. Ja, der wahre Mikrophthalmus zeigt uns am schönsten, wie sich Hypermetropie mit Myopie oder hochgradige Unvollkommenheit des Bulbus mit Ectasie der Sclera verbinden kann. Die Missbildung ist mit Coloben der Chorioidea und wahrer Ectasie der Sclerotica in ihrem unteren Theile complicirt. In der Richtung der Macula lutea kann hochgradige Hypermetropie, in der Richtung der Lederhautectasie hochgradige Myopie bestehen. Die Erfahrung lehrt aber, dass bei gewöhnlicher Hypermetropie Resistenzverminderung der Sclerotica relativ selten vorkommt. Zwar ist es in neuester Zeit Mode geworden, den Uebergang von *Hypermetropie* in Myopie als etwas ganz Gewöhnliches hinzustellen

und so mancher Augenarzt ruft: „Diem perdidi," wenn er nicht wenigstens Ein hypermetropisches Auge unter seinen Augen myopisch werden sah; aber ich persönlich bin so unglücklich, in dieser Hinsicht so ziemlich meine ganze Zeit verloren zu haben, denn nur einmal sah ich, wie bei scheinbarer Myopie und geringer wirklicher Hypermetropie nach Jahresfrist das eine Auge mit dem Spiegel nicht mehr Hypermetropie, sondern geringe Myopie zeigte, während das andere Auge noch immer etwas hypermetropisch war.

Gehen wir jetzt zu den Schädlichkeiten über, welche eine Steigerung des intraoculären Druckes herbeiführen und dadurch bei angeborener Anlage das Hervortreten oder die Zunahme der Myopie veranlassen können. Als solche Schädlichkeiten werden beinzichtigt: die Blutüberfüllung des Auges; die Accommodationsanstrengung; die Convergenz der Blicklinien. Die Blutüberfüllung des Auges wirkt schädlich, indem die Steigerung des Blutdrucks im Auge von Vermehrung und desshalb erhöhter Spannung der Augenflüssigkeiten gefolgt ist (Adamük). Daher ist es begreiflich, wenn übergeneigte Kopfhaltung als ein schädliches Moment in unserem Falle anzusehen ist. Der Accommodationsact spielt, wie wir gleich später an seinen Wirkungen erkennen werden, eine Hauptrolle bei der Schädigung der Augen mit angeborener Anlage zur Myopie. In welcher Art und Weise er schädigend, zuvörderst druckerhöhend wirkt, ist nicht ganz klar, wahrscheinlich geschieht das jedoch auf dem Wege der Zerrung der Chorioidea, die bei jedem Accommodationsacte, wie dies Hensen und Voelckers neuerlich auch für das Menschenauge experimentell nachgewiesen haben, in der Richtung nach vorne stattfindet. Dabei könnte es zu mechanischer Zerrung der Gefässe, mechanischer Hyperämie der Aderhaut und zu vermehrter Ausschwitzung aus den Gefässen kommen. Der Act der Convergenz der Augen endlich kann druckerhöhend wirken durch den unmittelbaren Druck der äusseren Augenmuskeln, vor Allem der Interni und Externi auf das Auge. Im Hundeauge wenigstens sieht man, dass ein venöser Gefässring auf der Papille bei jeder Contraction der äusseren Augenmuskeln in Folge der Steigerung des intraoculären Druckes erblasst (Dobrowolsky). Die genannten Schädlichkeiten wirken bei der Nahearbeit und werden daher um so wirksamer sein, je näher das Arbeitsobject gehalten wird. Je mehr sich die Augen einem auf einer Tischplatte gelegenen Arbeitsobjecte annähern, desto mehr muss der Kopf vornüber geneigt, desto mehr muss convergirt und desto mehr muss auch, wenn nicht schon hochgradige Myopie da ist, accommodirt werden.

Es werden also die ungünstigsten Verhältnisse eintreten, wenn gleich vom Beginn des Unterrichtes an die Objecte zu nahe an das Auge gehalten werden. Kinder thun dies häufig aus übler Angewöhnung, noch häufiger sind sie es zu thun gezwungen. Wenn sie zu Hause auf denselben Stühlen und an denselben Tischen wie die Erwachsenen und auch in der Schule auf zu niedrigen Bänken sitzen, wird ihnen der kurze Abstand des Arbeitsobjectes aufgedrungen, und ebenso ist es die mangelhafte Beleuchtung, welche eine stärkere Annäherung des Gegenstandes zum Zwecke des deutlichen Erkennens nöthig macht. Cohn hat vor Allen in neuerer Zeit durch seine Untersuchungen den Anstoss gegeben, dass ein schärferes Augenmerk auf die schlechten Schulbänke und die schlechte Beleuchtung in den Schulen gerichtet wurde. Sowie schlechte Beleuchtung, wirkt in gewisser Beziehung auch schlechter d. h. blasser Druck auf nicht rein weissem Papier und ebenso zu kleiner Druck, ein Uebelstand, der nicht für Elementarbücher, die ja meistentheils einen Colossaldruck haben, wohl aber einerseits für Schulbücher der Mittelschulen, noch mehr aber für die Bücher, welche die Mittelschüler statt der Schulbücher zu lesen vorziehen, seine Giltigkeit hat. Man begreift, dass wenn unsere hoffnungsvollen halb erwachsenen Jünglinge und Jungfrauen schlechtgedruckte Romane durch halbe Nächte bei elender Beleuchtung lesen, dies zwar für Herz und Gemüth sehr bildend sein mag, aber durch Cumulation der Schädlichkeiten die angeborene Anlage zum Langbau des Auges bald aus ihrer Latenz hervortreten wird.

Die bisher genannten Schädlichkeiten (unzweckmässige Subsellien, schlechte Beleuchtung, schlechter Druck und noch andere: als feine Handarbeiten, unzweckmässige Schreibrequisiten u. s. f.) liegen ausserhalb des Auges. Im Auge selbst können gleichfalls Ursachen liegen, welche entweder eine Vergrösserung des Netzhautbildes und desshalb überhaupt stärkere Annäherung des Objectes, oder aber wegen eines bestimmten Augenbaues stärkere Accommodation oder endlich wegen besonderer Muskelverhältnisse stärkere Convergenzanstrengung nothwendig machen.

In erster Hinsicht wäre natürlich jede Amblyopie zu nennen. Es soll jedoch nur hervorgehoben werden die Coincidenz von Hornhautflecken sowie von Schichtstaar mit Myopie. Ohne Anlage zur Myopie führen Hornhauttrübungen und Schichtstaar allein nicht zur Myopie, ebensowenig als die Augen, wie Green meint, myopisch werden wenn sie in Folge von Astigmatismus schlechtsichtig sind, falls nicht gleichzeitig die Disposition zum Langbau gegeben ist. Verstärkte

Accommodation wird caeteris paribus nöthig bei hypermetropischem Baue des Auges. Die starke Accommodation befördert schon den Langbau bei bestehender Anlage. Ohne diese letztere vermag sie aber keine Axenverlängerung zu erzeugen. Sonst würde man die Hypermetropie, da hierbei schon bei parallelen Gesichtslinien accommodirt werden muss, entweder nicht kennen, indem die hypermetropischen Augen zu allererst myopisch werden müssten, oder wenn schon die Axenverlängerung nicht ausreichte, um aus Hypermetropie Myopie zu machen, so müsste doch das Attribut, das der Axenverlängerung beigegeben wird, der atrophische Conus nämlich, in hypermetropischen, sowie in emmetropischen durch Dehnung bei ursprünglicher Hypermetropie erzeugten Augen sehr gewöhnlich zu finden sein und bei geringer Myopie müssten sich sehr häufig sehr grosse Coni finden als Ausdruck für die starke Ausdehnung ursprünglich übersichtiger Augen. Nun kommt das Alles allerdings als Ausnahme vor, aber nicht als Regel und die Ausnahme nimmt uns nicht Wunder, weil wie wir sahen, dass Hypermetropie und angeborene verminderte Resistenz der Sclerotica sich nicht ausschliessen. Sowie vermehrte Accommodation, wird erschwerte Convergenz von Uebel sein. Die Convergenz wird caeteris paribus, d. h. bei gleichem Abstande des Convergenzpunktes um so mehr erschwert [1], je grösser die Grundlinie, je kleiner der Winkel zwischen Gesichtslinie und Hornhautmitte und je grösser der Winkel ist, den die Orbitalaxen mit einander bilden. Die Widerstände, welche die Musculi recti interni unter solchen Umständen caeteris paribus von Seite der Externi zu überwinden haben, steigern sich, die Augen gerathen in eine stärkere Muskelpresse, die Abhängigkeit der Progression der Myopie von jenen Umständen, welche zu musculärer Asthenopie führen, wird deutlich.

Die verstärkte Accommodation wirkt fördernd auf den Langbau; ob verminderte Accommodation denselben nicht entwickeln lässt, ist, ausser man würde durch Jahrzehnte die Accommodation durch Atropin paralysiren, schwer zu entscheiden, denn diese Frage wäre (da beim Enthalten von Nahearbeiten ja ebenso die Convergenz entfällt, es demnach, wenn unter solchen Umständen Myopie sich nicht entwickelte, fraglich bliebe, was die Ursache dieser Erscheinung sei) identisch mit der Frage, ob Myopie die Myopie verhindert, denn nur ein myopisches Auge gewissen Grades braucht für die Arbeitsdistanz nicht zu accommodiren, während es doch convergiren muss. Vermehrte Con-

[1] S. pag. 397.

vergenz wirkt ebenso fördernd auf den Langbau. Hier können wir aber umgekehrt fragen: Lässt sich constatiren, dass die Myopie weniger zur Entwicklung kommt, wenn die Convergenz erleichtert ist, wenn also die Grundlinie klein, der Winkel γ gross und der Winkel, den die Orbitalaxen nach rückwärts bilden, klein ist. Beobachten wir wirklich, wie Mannhardt glaubt, bei erschwerten Convergenzverhältnissen häufiger Myopie, als im entgegengesetzten Falle? Was den Winkel, den die Orbitalaxen mit einander einschliessen, anlangt, so soll derselbe nach Mannhardt bei einer bestimmten Schädelformation, dem Langschädel nämlich, besonders gross sein und bei diesem Schädelbau stets auch die Grundlinie eine besondere Grösse aufweisen, wesshalb dolichocephalische Nationen die Prädisposition zur Myopie in sich tragen und durch diesen Umstand auch die auffallend grosse Zahl der Myopen in Italien nach Mannhardt erklärt wird. Dass aber ein entgegengesetzter Schädelbau die nationale Myopie nicht aufzuhalten vermag, geht aus der Thatsache hervor, dass Erismann in den russischen Schulen auffallend viele Myopen, mehr Myopen als in den deutschen Schulen fand. Was die Länge der Grundlinie in specie anlangt, so konnte ich mich nicht davon überzeugen, dass sie bei Myopen grösser sei als bei Nicht-Myopen, ja nicht einmal grösser als bei Hypermetropen. Ich lege kein Gewicht darauf, dass ich die grössten Drehpunktedistanzen von 72 $M^{m.}$ bei hypermetropischen Astigmatikern fand, aber wenn ich die Grundlinienwerthe einer grossen Anzahl von Myopen und Hypermetropen mit einander vergleiche, so ergibt sich, dass bei hochgradiger Myopie ganz ausserordentliche kleine Werthe, sogar unter 54 $M^{m.}$ = 2 Zoll — wir sprechen natürlich von Erwachsenen — vorkommen und dass sich hochgradige Hypermetropen mit Pupillendistanzen von 66 $M^{m.}$ finden, während ich in den Aufzeichnungen für Myopen auch keine grösseren Werthe antreffe. Ja, wenn ich Mittelzahlen nehme, kann ich auch nicht die Ueberzeugung gewinnen, dass die Drehpunktedistanz bei Myopie grösser als bei Hypermetropie sei. Was den Winkel γ anlangt, so wäre es interessant zu prüfen, ob die Kleinheit dieses Winkels, wie sie bei hochgradiger Myopie sich zeigt, nicht bloss Folge der Axenverlängerung, sondern Ursache oder wenigstens Mitursache derselben sei. Dann müssten wir nachweisen können, dass im Auge mit beginnender Myopie sich auffallend kleine Winkel zwischen Gesichtslinie und Hornhautmitte finden. Ich kann sagen, dass ich nur einmal bei beginnender Myopie so kleine Winkel fand, wie sie mir bei Emmetropie nicht vorkamen. Uebrigens habe ich auch bei hochgradiger Myopie

die Winkel γ nicht ganz so gefunden, wie man bisher annimmt — wovon später.

Aus alledem geht hervor, dass das Fehlen besonderer Convergenzschwierigkeiten die Entwicklung der Myopie nicht aufzuhalten vermag, und die Entwicklung der Myopie im Allgemeinen daher nicht von Insufficienz der Interni abgeleitet werden kann. Man könnte noch fragen, ob sich ganz abgesehen von der Constatirung der einzelnen Momente, welche Insufficienz der Interni verschulden können, diese letztere thatsächlich beim Beginne der Myopie nachweisen lässt. In der Untersuchungsreihe Erismann's stellte sich heraus, dass unter jenen Myopen, deren Myopie nicht grösser als $\frac{1}{24}$ war, 76·2 Procent gar keine Insufficienz, 10·9% eine Insufficienz bis zu 6°, 9·6% eine solche bis 10% zeigten. Eine Insufficienz, ausgedrückt durch ein Prisma von mehr als 10°, bot nur 1·4% dar. Ausserdem fand sich bei 1·4% relativer, bei 0·5% absoluter Strabismus divergens. Bedenkt man noch dazu, wie wenig eine beim Prismenversuche in der deutlichen Sehweite sich ergebende Insufficienz von 6—10° wirkliche Insufficienz der Interni zu beweisen vermag, so stellt sich heraus, dass im Beginne der Myopie nur ein verschwindend kleiner Theil der Augen an Muskelstörungen leidet, die ja noch dazu, sobald Ein Auge durch relativen oder absoluten Strabismus divergens beim Sehacte ausgeschlossen wird, in Folge des gänzlichen Entfallens der Convergenz keine Schädigung durch Erhöhung des Augendruckes mehr herbeiführen können.

Hat sich die Kurzsichtigkeit bis zu einem gewissen Grade entwickelt, so fragt es sich, ob dadurch an und für sich die Schädlichkeiten gesteigert werden und so ein Circulus vitiosus eingeleitet wird. Ein Schädlichkeitsmoment entfällt, das der Accommodation nämlich, denn wenn diese nicht etwa in krankhafter Weise angeregt wird, so wird sie sobald die Myopie $^1/_{12}$ erreicht hat, für die gewöhnlichen Nahearbeiten bei halbwegs genügender Sehschärfe vollständig unnöthig. Da bei solchem Fernpunktsabstande eine stärkere Ueberneigung des Kopfes auch nicht erforderlich ist, so wird, falls derartige Myopie bei zweckmässigem Abstande des Naheobjectes doch Progression zeigt, die Schädlichkeit der Convergenz (bei fehlender oder vorhandener Insufficienz der Interni) allein in Frage kommen können. Nimmt die Myopie höhere Grade an, dann muss das Object stärker genähert werden, der Kopf wird gewöhnlich stärker vornüber geneigt, die Convergenz wird um so schwieriger, je näher der Fernpunkt rückt und dies um so mehr, als der eiförmig vergrösserte Bulbus schwerer beweglich wird, so

wenn auch nicht Uebergewicht der Externi besteht. Insufficienz der Interni in der Regel schliesslich nicht ausbleibt, wenngleich diese Muskeln möglicher Weise durch lange Zeit trotz des heranrückenden Fernpunktes vielleicht in Folge wirklicher Massenzunahme den Anforderungen vollkommen entsprechen können. In der That wird in der erschwerten Convergenz, besonders nach v. Graefe's Ansicht, die Hauptursache der progressiven Myopie gesehen. Dass, wenn wir überhaupt der Convergenz irgend einen Einfluss auf die Entwicklung und Zunahme der Myopie zuschreiben, unter den letztgenannten Verhältnissen besonders erschwerende Momente eintreten, ist vollkommen richtig, aber so wie wir einerseits nicht vergessen dürfen, dass das Schädlichkeitsmoment, so lange die Myopie noch gering ist, auch nur ein geringes ist, müssen wir anderseits bedenken, dass bei hochgradiger Myopie sehr häufig nur monocular in der Nähe gesehen wird, daher das Schädlichkeitsmoment der Convergenz gänzlich entfällt. Sehen wir aber desshalb, dass falls, wie es bei den hohen Graden der Myopie nothwendig geschehen muss, auch noch dazu das Schädlichkeitsmoment der übergeneigten Kopfhaltung eliminirt wird, indem die Individuen sich gar nicht mehr auf die horizontale Tischplatte hinabbücken können, und daher z. B. beim Lesen das Buch in der Hand halten, beim Schreiben eines schiefen Pultes sich bedienen u. s. f. — sehen wir vielleicht durch solche Correctionen der Natur der Progression der Myopie ein sicheres Bollwerk entgegengesetzt? Das könnte man gerade nicht behaupten, während im Gegentheile hochgradige Myopie mit binoculärem Sehacte für die Nähe häufig genug nicht progressiv ist.

Wir haben bisher zunächst die Schädlichkeiten, welche das Auge, in specie das jugendliche Auge treffen, im Allgemeinen betrachtet, dann gesehen, dass unter Umständen die Objecte überhaupt stärker genähert werden müssen, sowie dass durch eigene Verhältnisse für den gleichen Abstand stärker accommodirt oder eine stärkere Convergenzanstrengung, als sonst, vollführt werden muss. Wir haben gesehen, dass unter diesen Umständen Myopie zur Entwicklung kommt, dass sie sich auch beim Fehlen besonders erschwerender Momente entwickeln und fortschreiten kann, andererseits beim Bestehen der letzteren sich nicht zu entwickeln oder nicht fortzuschreiten braucht. Wir müssen nun unsere Schlüsse ziehen.

Wir kommen zu dem Resultate, dass, wo einmal die angeborene Anlage zur Myopie gegeben ist, wenn nicht schon früher, so durch die gewöhnlichen Nahebeschäftigungen, auch wenn nicht eine unnöthige Annäherung der Objecte permanent gesetzt ist und auch

ohne dass irgend eine die Accommodation oder die Convergenz erschwerende Ursache concurrirt, die Myopie sich entwickelt und je nach der mehr oder weniger verminderten Resistenz der Sclerotica und je nach der Zeit, zu welcher sich die Sclerotica hinlänglich consolidirt, um dem intraoculären Drucke hinreichenden Widerstand zu setzen, einen mehr oder weniger hohen Grad erreicht. Fehlt die angeborene Anlage, dann vermag weder die zu starke Annäherung der Objecte, noch Hypermetropie, noch Insufficienz der Interni Myopie zu erzeugen. Millionen Augen ertragen täglich die Schädlichkeiten der Nahearbeit, ohne myopisch zu werden. Auch vergesse man nicht, dass die Schädlichkeit der zu grossen Annäherung der Objecte auf die Kindesaugen, bei denen sie ja wegen der Zartheit des Organes zumeist gefürchtet wird, relativ irrelevant ist. Bei der ausgezeichneten Accommodation des Kindesauges, bei dem geringen Abstande der Drehpunkte — ich fand, dass dieser letztere selbst noch im 12. Lebensjahre selten mehr als 54—56 Millimeter beträgt — bedingen selbst sehr nahe Objectsabstände keine allzu grossen Anstrengungen, wie ja thatsächlich Kinder, die unter den ungünstigsten Verhältnissen arbeiten, nicht in Asthenopie verfallen.

Erschwerende Umstände, besonders Insufficienz der Interni werden die Myopie steigern, aber wenn die Sclerotica sich einmal gefestigt hat, so wird die Myopie, selbst wenn sie schon einen hohen Grad erreicht hat, doch nicht mehr fortschreiten, während andererseits bei Ausfall aller Accommodation und Convergenz die Myopie weitere Progression zeigt, wenn die Resistenz der Sclerotica nicht, wie dies gewöhnlich der Fall ist, in der Mitte oder gegen das Ende der zwanziger Jahre ausreichend zugenommen hat, sondern abnorm gering bleibt oder, was der häufigere Fall sein dürfte, durch einen pathologischen Process abnorm verringert wird.

Was diesen pathologischen Process anlangt, der in das Krankheitsbild der Myopie eingreift, so wollen wir uns die Sache so vorstellen. Die reguläre Myopie kommt einfach durch Dehnung der Augenhäute zu Stande. Dabei lässt sich weder ein entzündlicher, noch selbst ein hyperämischer Process mit Sicherheit constatiren. Man hat bei einfacher Myopie keine Entzündungsprodukte anatomisch gefunden und wo man ausnahmsweise etwas Derartiges fand, ist nicht erwiesen, dass es sich um einfache Myopie handelte. Auch von Hyperämien kann man sich in myopischen Augen im Allgemeinen nicht überzeugen. Eine Blutüberfüllung der Aderhaut des eröffneten Bulbus wird man wohl nicht leicht mit Bestimmtheit feststellen können und was den ophthalmoscopischen Befund der Chorioidealhyperämie anlangt, so habe ich

bis jetzt leider noch nicht gelernt, wie man eine Aderhauthyperämie mit dem Augenspiegel überhaupt diagnosticirt, noch viel weniger wüsste ich anzugeben, wie man z. B. „eine vermehrte Vascularisation des (an den Conus) angrenzenden Chorioidealgewebes" erkennt. Dass Myopen, die an Reizerscheinungen, über die wir noch später sprechen werden, leiden, rothe Sehnerven haben, ist nichts Merkwürdiges, denn rothe Sehnerven finden sich in allen Augen, die aus was immer für einem Grunde mit Hindernissen Nahearbeit verrichten, und andererseits gehören die Reizerscheinungen nicht in das Bild, in den Verlauf der Myopie. Sowie aber in jedem Auge und in jedem Lebensalter durch Chorioiditis oder Sclerotico-Chorioiditis Erweichung der Sclerotica und hiedurch Axenverlängerung des Bulbus gesetzt werden kann [1]), so kann sich auch in einem myopischen Auge Chorioiditis einstellen, und es ist über jedem Zweifel erhaben, dass das myopische Auge zu Chorioiditis disponirt, dass, wenngleich die Dehnung der Augenhäute ohne die Spur eines entzündlichen Processes bis zu einer gewissen Grenze gedeihen und wenn gleich durch solche Dehnung allein Myopie hohen Grades zu Stande kommen kann, doch die Gewebszerrung Ursache eines entzündlichen Processes zu werden im Stande ist, einer Chorioiditis, die selbst wieder die Resistenz der Sclerotica noch weiter pathologisch verringert und für sich allein die Progression der Myopie verschuldet.

Untersucht man die Augen, in welchen noch nach dem 30. Lebensjahre die Myopie fortschreitet, so wird man nicht immer, aber in den meisten Fällen sich überzeugen, dass die Sehschärfe ungewöhnlich leidet und dass sehr häufig direct mit dem Spiegel die Erscheinungen der Chorioiditis exsudativa hervortreten. Die bleibend progressive, d. h. bis ins hohe Alter stetig fortschreitende Myopie ist also meistens keine einfache Myopie, sondern durch Complication von Myopie mit Chorioiditis zu Stande gekommen.

In Betreff der Myopie, die von Anfang an nur Folge von Chorioiditis ist, wäre noch zu bemerken, dass dieselbe sich von früher Kindheit an entwickeln und die höchsten Grade bald erreichen kann und dass solche Augen (glücklicherweise gewöhnlich nur Eines aber auch beide) schon frühzeitig, schon im Kindesalter durch die Chorioiditis oder durch hinzugetretene Netzhautablösung erblinden können. Ich habe in den letzten Jahren diesen Fällen grössere Aufmerksamkeit geschenkt und habe die Beobachtung gemacht, dass bei allen jenen Individuen, die ich da sah, eine angeborene Anlage nicht nachzuweisen war, d. h. ich konnte

[1]) S. pag. 263.

constatiren, dass weder Vater noch Mutter myopisch waren, dass bei keinem der Geschwister Myopie da war und in einem Falle, in welchem eine kaum 40jährige Frau in Folge von Sclerotico-Chorioiditis mit hochgradiger Myopie an einem Auge ganz, am anderen nahezu erblindet war, waren ebensowenig wie Eltern und Geschwister, die Kinder myopisch. Nichts scheint mir besser den Unterschied zwischen der stets auf angeborener Anlage ruhenden regulären Myopie und der durch Chorioiditis erzeugten zu demonstriren, als das genannte Verhalten. Doch will ich damit nicht gesagt haben, dass nicht die Chorioiditis-Myopie, wie jede Krankheit, mitunter auf die Kinder übertragen werden könne.

Nach so vielen Erörterungen wären wir vielleicht in der Lage, den Verlauf der Myopie in detaillirterer Weise zu beschreiben, wenn nicht noch ein Moment zu berücksichtigen käme, dessen wir bisher an dieser Stelle nicht gedachten. Ich meine den Accommodationskrampf. Wir haben schon gesehen, dass weder der Accommodationskrampf, wie er gewöhnlich in hypermetropischen Auge im Dienste des deutlichen Sehens auftritt, noch auch der Accommodationskrampf, der zu scheinbarer oder summirter Myopie führt, — für letzteren Fall hat Hock speciell darauf hingewiesen — ein tonischer Krampf ist, indem bei der Augenspiegeluntersuchung, im Allgemeinen beim gedankenlosen Blicke der Ciliarmuskel in der Regel vollkommen erschlafft und nur, sowie irgend ein sei es fernes oder nahes Object fixirt oder zu fixiren versucht wird, sich einstellt. Was von anderer Seite in Betreff des Accommodationskrampfes beobachtet wurde, wurde gleichfalls früher erwähnt [1]). Meine eigenen Beobachtungen gehen dahin, dass hypermetropische Myopie sehr selten, dagegen summirte Myopie, d. h. Krampf im myopischen Auge relativ häufig ist. Ob es eine emmetropische Myopie gibt, d. h. ob bei originärer Emmetropie scheinbare Myopie vorkommt, ist mir nicht klar geworden. Ich will gleich sagen, welches Moment mir zur Hervorrufung des Accommodationskrampfes nothwendig scheint. Es scheint mir, dass die beginnende Dehnung der Augenhäute, in specie der Aderhaut die Ursache des krankhaften Leidens des Ciliarmuskels ist. Dadurch erklärt es sich, dass zu sehr geringer wirklicher Myopie Krampf sich hinzugesellt, aber nicht zu Emmetropie. Eine geringe Dehnung des hypermetropischen Auges ändert nichts am Brechzustande als solchem, daher ist es nicht merkwürdig, dass bei scheinbarer Myopie wirkliche Hypermetropie da ist. Wenn es, wie

[1]) pag. 276.

ich glauben möchte, richtig ist, dass in den typischen Fällen von Accommodationskrampf Axenverlängerung, wenn auch geringe, immer dem Krampfe vorangeht, dann kann das Auge nur wirkliche Myopie oder wirkliche Hypermetropie darbieten, Emmetropie aber nur dann, wenn es früher hypermetropisch war. In diesem letzteren Falle, der sich gewiss hie und da der Beobachtung stellen wird, den ich aber nie sah, wird mitunter der bei Emmetropie vorhandene Conus auf den Ursprung derselben aus Hypermetropie hindeuten. Dadurch scheint wie gesagt die mir wenigstens sonst höchst räthselhafte Thatsache, dass ich bei Emmetropie Accommodationskrampf nie, relativ häufig aber bei geringer Myopie sah, in der einfachsten Weise erklärt.

Hier mag noch folgende Bemerkung Platz finden. Iwanoff folgert aus der anatomischen Anordnung des Ciliarmuskels im myopischen Auge, dass derselbe vor Allem ein Tensor chorioideae sei, d. h. dass er, weil ihm die Cirkelfasern fehlen und er desshalb die Aderhaut nicht sowohl nach vorn und in das Innere des Auges, sondern vielmehr nur oder fast nur nach vorn zieht, die letztere Membran wirklich zerre und dass diese Zerrung an der Stelle, wo sich die Aderhaut an den Sehnerven inserirt, also am Sehnervenrande ihren Ausdruck im Hervortreten des Conus findet — eine Ansicht, die wie Iwanoff mittheilt, auch von Horner schon lange festgehalten wird. Wenn aber die Entwicklung des Conus bei Myopen im directen Verhältnisse zur Accommodation stünde, so müsste das weitere Wachsthum des Conus sistiren, sobald der Myop nicht mehr accommodirt. Das geschieht aber im Allgemeinen bei halbwegs guter Sehschärfe dann, wenn die Myopie etwa $\frac{1}{12}$ erreicht hat. Die progressive Myopie könnte also durch den Tensor chorioideae nur dadurch unterhalten werden, falls Accommodationskrampf die Myopie complicirt. Da dieser aber bei progressiver Myopie nicht vorzukommen braucht, so dürfte der Conus ebensowenig der Ausdruck für die Wirkung des Accommodationsmuskels sein, als er wie Giraud-Teulon meint, der directe Ausdruck für die meistens ja gar nicht existirende Insufficienz der Interni ist. Aber auch bei bestehendem Accommodationskrampf dürfte die Wirkung des Muskels, so schädlich sie sicherlich ist, doch nicht direct zur Vergrösserung des Conus beitragen, denn „es steht," sagt v. Stellwag, „dieser Ansicht die Thatsache entgegen, dass die fragliche Ectasie sich primär mit seltenen Ausnahmen am äusseren Umfange der Papille, also gerade an jener Stelle entwickelt, auf welche der Ciliarmuskel am wenigsten einzuwirken vermag, da er hier am weitesten vom Sehnerveneintritte entfernt ist, und sein Zug überdiess

durch die ziemlich feste Anheftung der Chorioidea an die Sclerotica in der Gegend der Macula lutea unwirksam gemacht wird, auch wenn sich sonst der Effect seiner Zusammenziehung durch die sehr dehnbare Aderhaut bis auf den Rand der Papille fortzupflanzen im Stande wäre."

Da unserer Ansicht nach pathologische Dehnung der Augenhäute den Krampf bedingt, so ist begreiflich, dass im hypermetropischen Auge, welches selten gedehnt wird, auch selten der pathologische Krampf sich einstellt. In dem aus dem Zustande der Emmetropie hervorgegangenen myopischen Auge kann er sich, wie wir gesagt, gleich zum Beginn der Axenverlängerung hinzugesellen, um durch lange Zeit, durch Jahre fortzubestehen, unter ungünstigen Verhältnissen sich rasch zu steigern, dadurch eine rasche Progression der Myopie vorzutäuschen, dann wieder allmälig abzunehmen und schliesslich bei einem bestimmten Alter des Individuums oder aber auch schon nach kurzer Dauer in irgend einem Entwicklungsstadium der Myopie ganz zu verschwinden. Doch ist es, wie directe Beobachtungen lehren, durchaus nicht nothwendig, dass der Krampf immer im Verlaufe der Myopie auftrete. Vielmehr kann man Myopen jeden Alters mit Myopie jeden Grades sehen, die nicht an Accommodationskrampf leiden.

Soll die Lehre vom Accommodationskrampf nicht in eine optische Spielerei ausarten, so muss die Differenz zwischen wirklicher und summirter Myopie so gross sein, dass sie mit dem Spiegel diagnosticirbar ist. Differenzen von $^1/_{100}$ u. dgl. kann ich wenigstens mit dem Spiegel nicht erkennen und es hat auch keinen Werth, falls vor und nach Atropinisirung eines Auges die Refractionsdifferenz $^1/_{100}$ beträgt. Eine solche Herabsetzung der Refraction kann man auch ohne Atropinisirung beobachten, wenn man das Auge zu verschiedener Zeit untersucht. Die Differenzen zwischen wirklicher und scheinbarer Myopie sind aber nicht selten ganz erhebliche. Hier muss ferner besonders hervorgehoben werden, dass gar nicht so selten die Refraction auch nach fortgesetzter Atropinisirung noch immer deutlich grösser bei der Untersuchung mit Gläsern ist, als sie sich mit dem Spiegel vor (und nach) Atropinisirung ergab.

Der Effect der Atropinisirung ist in Betreff des Sehens ohne Glas für solche myopische Augen häufig ein ganz auffallender. Solche Augen sehen nämlich nach Atropinisirung, also bei maximaler Erweiterung der Pupille, unbewaffnet besser in die Ferne, als früher, weil ihre Myopie abnahm und es ist besonders bei geringem absolutem Werthe der summirten Myopie die Erscheinung höchst frappant, weil ja dann nur eine geringe Myopie übrig bleibt und die Grösse der Zerstreuungskreise selbst bei der grossen Pupille wenig ins Gewicht fällt. Aber auch die Vergrösserung

der Zerstreuungskreise, welche durch die Erweiterung der Pupille entstehen würde, falls die Myopie nicht abnähme, würde nicht so sehr wie gewöhnlich ins Gewicht fallen, weil jugendliche Myopen, welche an Accommodationskrampf leiden, ohnehin sehr häufig ungewöhnlich weite (und auch schwer bewegliche) Pupillen haben. Das ist eine merkwürdige Thatsache. Desshalb sehen auch solche Myopen ohne Glas ungewöhnlich schlecht in die Ferne. Die Thatsache, dass bei Myopie überhaupt die Pupille weiter ist, hat man dadurch erklärt, dass in Folge der Dehnung des Auges, in specie der Chorioidea der ganze Uvealtractus, also auch die Iris nach rückwärts gezogen wird. Ist diese Erklärung richtig, dann ist es begreiflich, dass bei hochgradiger Myopie weite Pupillen vorkommen, aber man wird doch nicht bei einer Myopie, die sich als $^1/_{20}$ z. B. darstellt und mit ungemein auffallender Erweiterung der Pupillen einhergeht, in dieser letztern eine durch Dehnung des Auges erzeugte Zurückziehung der Iriswurzel sehen wollen, abgesehen davon, dass ja eben in diesen Fällen die Myopie viel geringer ist, als sie zu sein scheint. Bei hochgradiger Myopie jugendlicher Individuen kommen weite Pupillen ohne jeglichen Accommodationskrampf vor, können aber natürlich auch mit Krampf da sein. Zeigen sich jedoch bei geringer Gläser-Myopie auffallend weite Pupillen, dann kann man mit ziemlicher Bestimmtheit auf Accommodationskrampf schliessen. Die Pupillen können jedoch bei Accommodationskrampf auch gewöhnliche Weite haben, enge Pupillen sah ich bei Krampf jugendlicher Myopen nie. Auf eine Erklärung der Erscheinung will ich mich, wiewohl sich, falls man nur eine vollkommene Passivität des Sphincter iridis annimmt, vielleicht eine Erklärung geben liesse, nicht einlassen. Dem Einwurf, dass, da doch der Krampf kein tonischer ist, beim Nachlassen des Krampfes die Pupillen sich verengern müssten, kann entgegnet werden, dass ja schwer zu erweisen ist, dass dies nicht geschehe; bei der Spiegeluntersuchung verengern sich die Pupillen allerdings, aber dies beweist nichts dafür, jedoch auch nichts dagegen.

Ein Wort über die sogenannte Myopia in distans, einen Zustand, bei welchem noch in der Nähe auf 1—2 Fuss deutlich, in die Entfernung aber ganz auffallend schlecht gesehen wird, mag hier einfliessen. Donders hat gezeigt, dass diese sogenannte Myopia in distans früherer Autoren nichts anderes sei, als geringe Myopie, welche „mit ungewöhnlich weiter Pupille“ einhergeht. Nach dem eben Gesagten wissen wir, dass ungewöhnlich weite Pupillen bei Accommodationskrampf vorkommen, daher derartige Myopen, wenn deren summirte Myopie nur einen geringen Werth hat, das Phänomen der Myopia in

tans darbieten. Diese Betheiligung des Accommodationskrampfes an
n Phänomen der Myopia in distans ist aber wohl zu unterscheiden
1 der Rolle, welche v. Graefe in einem von ihm genau geprüften, dies-
züglichen Falle, in welchem $-\frac{1}{30}$ das corrigirende Glas war, dem Ac-
mmodationsmuskel zuwies, — die nämlich, dass der Muskel beim Sehen
die Ferne sich stärker contrahirte, und so unverhältnissmässig
leutliche Bilder auf der Netzhaut entworfen wurden. Mag diese
klärung in v. Graefe's speciellem Falle die richtige gewesen sein,
ein zweiter Fall derart wurde seitdem nicht mehr gesehen — so ist
h andererseits gewiss, dass dieselbe nicht für die Fälle passt, die
1 v. Graefe als Myopia in distans im Allgemeinen angesehen wur-
n, in denen es sich sicher um nichts Anderes als um geringe Myopie
t weiter Pupille handelte.

Der Krampf des Accommodationsmuskels setzt fast durchgehends
: Atropinwirkung einen heftigen Widerstand entgegen. Es bedarf zur
glichsten (momentanen) Behebung des Leidens in der Regel fortgesetz-
energischer Einträuflungen, die Refraction kann während derselben
der ansteigen und sinkt überhaupt nicht immer, wie erwähnt, bis
1 Augenspiegelmasse. Wir wollen einige Fälle zur Illustration spe-
l anführen.

1. Anna Reich, 18 Jahre alt, zeigt am 29. März 1873: Rechts
ie Glas S $^{20}/_{100}$, mit $-$ $^{1}/_{24}$ S $^{20}/_{20}$. Links ohne Glas $^{20}/_{70}$, mit
$^{1}/_{40}$ S $^{20}/_{20}$. Der Augenspiegel ergibt keinen Conus und nur eine
ar von Myopie. Nach Atropin

$^{31}/_{3}$.	R.	ohne	Glas		S $^{20}/_{200}$,	mit	$-$ $^{1}/_{40}$	S $^{20}/_{20}$.	
$^{2}/_{4}$.	„	„	„	„	$^{20}/_{100}$,	„	$-$ $^{1}/_{50}$	„ $^{20}/_{20}$.	
$^{11}/_{4}$.	„	„	„	„	$^{20}/_{50}$	„	$-$ $^{1}/_{60}$	„ $^{20}/_{20}$.	
$^{22}/_{4}$.	„	„	„	„	$^{20}/_{50}$	„	$-$ $^{1}/_{60}$	„ $^{20}/_{20}$.	
$^{31}/_{3}$.	L.	„	„	„	$^{20}/_{50}$	„	$-$ $^{1}/_{60}$	„ $^{20}/_{20}$.	
$^{2}/_{4}$.	„	„	„	„	$^{20}/_{40}$	„	$-$ $^{1}/_{60}$	„ $^{20}/_{20}$.	
$^{11}/_{4}$.	„	„	„	„	$^{20}/_{20}$	„	$-$ $^{1}/_{80}$	„ $^{20}/_{20}$	deutlicher.
$^{22}/_{4}$.	„	„	„	fast „	$^{25}/_{20}$	„	$-$ $^{1}/_{80}$	„ $^{25}/_{20}$	deutlich.

2. Josef Rissinger, 13 Jahre alt, zeigt am 28. October 1873:
ohne Glas $S < {}^{20}/_{200}$, mit $-$ $^{1}/_{16}$ S $^{20}/_{40}$. — L. ohne Glas $S < {}^{20}/_{200}$,
$-$ $^{1}/_{16}$ S $^{20}/_{40}$. Auffallend weite Pupillen. Mit dem Spiegel die
opie gleich der Hälfte der Gläsermyopie. Rechts breiter Bindege-
sring am äusseren Papillenrande, links das Gleiche mit 2 schwarzen
genlinien in der Nähe. Atropininstillationen ins rechte Auge. Es
rigirt am $^{29}/_{10}$.: $-$ $^{1}/_{20}$, am $^{1}/_{11}$. und $^{2}/_{11}$.: $-$ $^{1}/_{24}$, am $^{3}/_{11}$. bis $^{6}/_{11}$.:

der Zerstreuungskreise, welche durch die Erweiteru
stehen würde, falls die Myopie nicht abnähme, wü
gewöhnlich ins Gewicht fallen, weil jugendliche
an Accommodationskrampf leiden, ohnehin
wöhnlich weite (und auch schwer beweglich
Das ist eine merkwürdige Thatsache. Desshalb
Myopen ohne Glas ungewöhnlich schlecht in die F
dass bei Myopie überhaupt die Pupille weiter ist,
erklärt, dass in Folge der Dehnung des Auges, in s
der ganze Uvealtractus, also auch die Iris nach
wird. Ist diese Erklärung richtig, dann ist es begr
gradiger Myopie weite Pupillen vorkommen, ab
bei einer Myopie, die sich als $^1/_{20}$ z. B. da
auffallender Erweiterung der Pupillen einherge
durch Dehnung des Auges erzeugte Zurückzi
wollen, abgesehen davon, dass ja eben i
viel geringer ist, als sie zu sein schei
jugendlicher Individuen kommen weite P
modationskrampf vor, können aber n
sein. Zeigen sich jedoch bei geringe
Pupillen, dann kann man mit zieml
dationskrampf schliessen. Die Pupil
tionskrampf auch gewöhnliche W
bei Krampf jugendlicher Myo
scheinung will ich mich, wiewohl
Passivität des Sphincter iridis
liesse, nicht einlassen. Dem Ei
scher ist, beim Nachlassen
müssten, kann entgegnet wer
nicht geschehe; bei der Sp
allerdings, aber dies bew

Ein Wort über di
stand, bei welchem noc
Entfernung aber ganz
fliessen. Donders h
früherer Autoren ni
ungewöhnlich weit
wissen wir, dass
krampf vorkom
Myopie nur ein

das Vor
en Graden
e der Kram
nnen aus den
er an Accomm
mpf jedes Sympto
ren würde, es könn

— $^1/_{20}$, am $^9/_{11}$.: — $^1/_{30}$. Refraction schwankt fortan zwichen $^1/_{20}$ und $^1/_{30}$, am $^{17}/_{11}$. wieder $M\,^1/_{30}$. Instillationen in beide Augen. Am $^{18}/_{11}$. corrigirt R. — $^1/_{30}$, L. noch — $^1/_{16}$. Nach weiterer 10tägiger Instillation L. — $^1/_{24}$, R. — $^1/_{30}$ geblieben; am $^{30}/_{11}$. rechts und links — $^1/_{24}$.

3. Eduard Fusco, 28 Jahre alt, zeigt am 17. Juni 1872: R. ohne Glas $S\,^{10}/_{200}$ kaum, mit — $^1/_{4\frac{3}{4}}$ $S\,^{20}/_{20}$. — L. ohne Glas $S\,^{10}/_{200}$ kaum, mit — $^1/_{3\frac{1}{2}}$ $S\,^{20}/_{30}$. 3 Atropininstillationen, Blutentziehung mit künstlichem Egel, dunkles Zimmer. Darauf am folgenden Tage:

$^{18}/_6$. R. ohne Glas $S\,^{10}/_{200}$, mit — $^1/_7$ $S\,^{20}/_{20}$; L. ohne Glas $S\,^{10}/_{200}$, mit — $^1/_7$ $S\,^{20}/_{30}$.

$^{24}/_6$. Derselbe Befund.

$^{29}/_6$. Es ist beiderseits — $^1/_8$ das corrigirende Glas, mit diesem ist jetzt links $S\,^{20}/_{20}$, rechts aber werden nur einzelne Buchstaben von 20 gelesen, ein stärkeres Concavglas entschieden verworfen.

$^{12}/_7$. Derselbe Befund, wie am $^{29}/_6$. Die Differenz der Correctionsgläser ist für das rechte Auge = $^1/_{4\frac{3}{4}}$ — $^1/_8$ = $^1/_{11\frac{1}{3}}$, für das linke $^1/_{3\frac{1}{2}}$ — $^1/_8$ = $^1/_{6\frac{2}{3}}$. Der Augenspiegel zeigt in beiden Augen Coni nach aussen von $^1/_3$ Papillendurchmesser. Chorioidealgefässe allseitig sichtbar.

4. Haider Sylvester, 10 Jahre alt, zeigt weite Pupillen, Nystagmus, keinen Conus am Sehnerven.[1]) Es corrigirt am

$^5/_2$.1873 R. Concav $^1/_{4\frac{1}{4}}$, S mit diesem Glase $^{10}/_{30}$

L. „ $^1/_{4\frac{1}{2}}$, S „ „ „ $^{10}/_{30}$ (ohne F).

Nach durch einen Monat fortgesetzten Atropineinträuflungen ist die grösste Refractionsherabsetzung erreicht. Es ist beiderseits Concav $^1/_7$ das corrigirende Glas, Sehschärfe beiderseits $^{10}/_{20}$.

5. Weninger Georg, 21 Jahre alt, zeigt einen bügelförmigen Conus am äusseren Papillenrande von $^1/_5$ P. D. R. mit — $^1/_3$ $S\,^{10}/_{30}$, L. mit — $^1/_{3\frac{1}{4}}$ $S\,^{10}/_{30}$ (jedoch beiderseits ohne S 3). Nach Atropinanwendung durch 38 Tage ist rechts — $^1/_4$, links $^1/_{4\frac{1}{4}}$ corrigirend, Refractionsabnahme = $^1/_{12}$. Die herabgesetzte Refraction erhält sich unter fortgesetzter Atropinanwendung durch 10 Tage, worauf die Atropinbehandlung ausgesetzt wird.

Die wenigen Beispiele mögen das Vorkommen von Accommodationskrampf bei den verschiedensten Graden von Myopie demonstriren.

Die Erscheinungen, welche der Krampf bedingt, sind im Allgemeinen negative, d. h. wir können aus den Beschwerden eines Myopen keinen Schluss ziehen, ob er an Accommodationskrampf leidet oder nicht. Es kann bei Krampf jedes Symptom fehlen, das sich nicht aus der Gläsermyopie erklären würde, es können allerdings bei Krampf auch

[1]) S. pag. 450.

Reizerscheinungen vorhanden sein, aber diese Reizerscheinungen kommen ebenso häufig ohne Krampf vor.

Es gilt jetzt die Rolle zu erörtern, welche der Accommodationskrampf bei der weiteren Entwicklung der wirklichen Myopie, also der Axenverlängerung spielt. Der Umstand, dass während des Bestehens des Krampfes die Axenverlängerung fast immer fortschreitet und so mit dem Nachlassen des Krampfes wirklich höhere Myopie sich entwickelt, in der Art, dass, wenn der Krampf allmälig nachlässt, die Individuen eine Abnahme ihrer Kurzsichtigkeit nicht bemerken, indem der Fernpunkt derselbe bleibt, oder wenigstens in einer dem Myopen nicht auffälligen Weise hinausrückt, dieser Umstand deutet deutlich darauf hin, dass der Accommodationskrampf (ganz abgesehen von der stärkeren Convergenz, die er, wenn er in hohem Grade oder bei an und für sich höherer Myopie vorkommt, veranlasst) eine schwer wiegende causa nocens sei und sowie er selbst aller Wahrscheinlichkeit nach durch die beginnende oder überhaupt fortschreitende Axenverlängerung hervorgerufen wurde, er aller Wahrscheinlichkeit nach auch die Mitschuld an der weiteren Progression der Axenverlängerung trägt.

Doch muss ausdrücklich bemerkt werden, dass es eben nicht selten vorkommt, dass den Myopen, nachdem ihre Myopie durch einige Zeit rasch zugenommen hatte, die wieder erfolgende Abnahme der Kurzsichtigkeit deutlich wird, und ihnen die Gläser, die sie schliesslich trugen, zu stark werden. Gewiss sind jedem Augenarzt Fälle genug bekannt, wo die Individuen (und auch ihre Umgebung) mit Bestimmtheit angeben, dass sie früher viel kurzsichtiger waren und dass ihre Kurzsichtigkeit von einem bestimmten Zeitpunkte an allmälig abgenommen habe. Man hat in früherer Zeit solche Angaben vielleicht mit Kopfschütteln aufgenommen, jetzt, wo das relativ häufige Vorkommen des Accommodationskrampfes eine Erklärung für diese Erscheinung liefert, wird man an der möglichen Richtigkeit einer solchen Anamnese zu zweifeln nicht mehr geneigt sein. Es gibt Augen, welche der Schädigung durch Accommodationskrampf ganz ausgezeichnet widerstehen, bei welchen selbst ein Jahrzehnte langer Bestand desselben die Myopie nicht merklich zu erhöhen vermag, wiewohl der Anstoss zum Krampfe durch den Beginn der Axenverlängerung gesetzt worden sein dürfte. Ich will ein gut constatirtes Beispiel dieser Art aufführen. Der gegenwärtige Assistent an der chirurgischen Klinik in Innsbruck, Herr Dr. Pietsch, gibt uns Folgendes an: „Im 13. Lebensjahre fing ich an Gläser zu tragen, um auf die Schultafel sehen zu können und zwar Concav 11. Aber ich habe mit diesem Glase nicht gut gesehen, und bald so schlecht, dass

ich zu immer stärkeren Gläsern übergehen musste. Im 17. Jahre war ich bei Concav 6 angelangt. Da rieth man mir, ich möchte, um eine Abnahme der Kurzsichtigkeit herbeizuführen, systematisch zu schwächeren Gläsern zurückgehen. Nachdem ich Concav 6 durch ein halbes Jahr getragen hatte, nahm ich — 7 und bald darauf — 8, habe aber, daran weiss ich mich deutlich zu erinnern, mit diesem letztern Glase zunächst viel schlechter in die Ferne gesehen, doch besserte sich die Sehschärfe bald allmälig. Als ich Concav 8 trug, und wahrscheinlich schon früher, hatte ich auffallend weite Pupillen, so dass nicht bloss ich selbst, sondern auch meine Umgebung darauf aufmerksam wurde. Nachdem ich durch 3—4 Jahre Concav 8 getragen, ging ich dann nacheinander auf Concav 9, 10 und 11. Vor 2 Jahren nahm ich — $^1/_{14}$ und dieses Glas trage ich jetzt noch in meinem 30. Jahre.“ Die Untersuchung ergibt normalweite Pupillen, am rechten Auge $M^1/_{11}$, am linken $M^1/_{14}$, S jederseits $^{20}/_{20}$. Der Spiegel zeigt im linken Auge einen scharf begrenzten kleinen weissen Conus am äusseren Papillenrande. Ebenso gelagert ist der nicht scharf begrenzte etwas grössere Conus des rechten Auges. Der Spiegel zeigt auch jetzt noch deutlich geringere Myopie, als die durch die Gläser angegebene. Ich rathe dem Collegen zunächst auf Concav 20 zurückzugehen.

Wir können die Lehre vom Accommodationskrampf nicht verlassen, ohne noch einer scheinbaren Refractionserhöhung zu gedenken, welche von abnormem Uebergewichte der Externi abhängig ist, während die Art des Krampfes, die wir bisher besprachen, mit Störungen im Gleichgewichte der äusseren Augenmuskeln nicht das Mindeste zu thun hat. Wir haben gesehen, dass, wenn abnormes Uebergewicht der Externi besteht, schon die Parallelstellung der Gesichtslinien einer activen Contraction der Interni entspricht, daher in solchen Augen eine Lockerung des Verhältnisses zwischen Ciliarmuskel und Internus sich entwickelt, so dass bei Parallelstellung der Gesichtslinien doch nicht accommodirt wird [1]). Es hat dies nichts Merkwürdiges an sich, wenn wir bedenken, dass Myopen für relativ nahe Objectsabstände convergiren können, ohne zu accommodiren. Zuweilen, aber in jedem Falle seltener, als es angegeben wird, kommt es bei Myopie mit starkem Uebergewicht der Externi vor, dass schon bei Parallelstellung der Augen accommodirt wird, so dass bei binocularer Prüfung mit Concavgläsern die Myopie höher ausfällt, als sie wirklich ist. Diese scheinbare Refractionszunahme ist aber immer nur unbedeutend, sie muss verschwinden, wenn

[1]) Siehe pag. 400.

wir Ein Auge, das dann beliebig nach aussen abweichen kann, verdecken, kommt daher bei monocularer Prüfung überhaupt nicht zum Vorschein. Da, falls hochgradige Myopie besteht, beim Sehen in die Nähe in solchen Fällen Ein Auge in der Regel excludirt wird, daher jeder Grund für Contraction des Ciliarmuskels hierbei entfällt, so ergibt sich bei der Naheprüfung ein weiterer Abstand des Fernpunkts, als aus den beim binocularen Sehacte corrigirend gefundenen Gläsern. Die stärkere Anstrengung der Accommodation als solche hat unter diesen Umständen, weil nur gering, sicher nur eine geringe Bedeutung als Schädlichkeitsmoment in Betreff der Steigerung der Myopie, das Schädlichkeitsmoment ist das Uebergewicht der Externi, doppelt empfindlich, weil die stärkere Accommodation auch zu stärkerer Convergenz als nöthig wäre, zwingt. Uebrigens darf man nicht vergessen, dass sich diese Darstellung zwar zur theoretischen Begründung der besonderen Schädlichkeit der Convergenz unter sotanen Verhältnissen besonders eignet, dass aber, sobald die Kurzsichtigkeit einen irgendwie erheblichen Grad erreicht hat, es gerade wegen des grossen Uebergewichtes der Externi rasch zur Exclusion Eines Auges bei der Nahearbeit kommt und damit jede Convergenzbeschwerde gänzlich entfällt

---

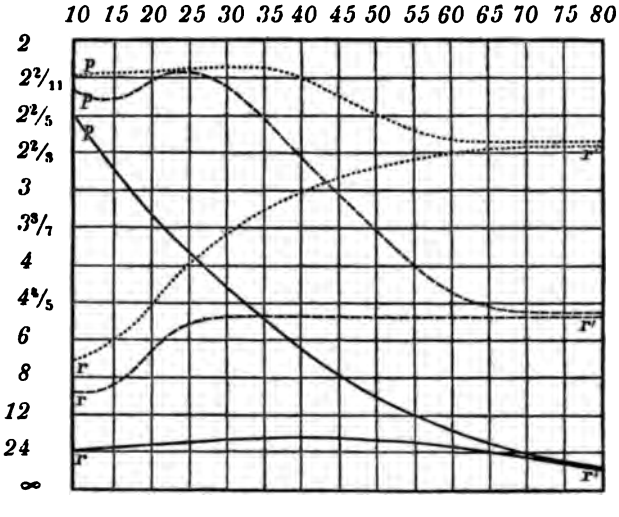
Nun wollen wir die Bilder entrollen, in deren Rahmen die Myopie sich bewegen kann. Die Myopie, die abnorme Axenverlängerung, kann zunächst angeboren sein. Der Verlauf dieser Myopie ist am schlechtesten gekannt. Doch scheint es, dass dies die schlimmste Form der Myopie ist, dass sie schon im frühen Kindesalter hohe Grade erreicht, und häufig schon in jungen Jahren zu secundären Veränderungen führt. Bei angeborener Anlage zeigt sich die Myopie bereits im 5. oder 6., gewöhnlich im 7. bis 10. Lebensjahre, wohl auch früher, aber auch viel später, es können Augen noch im 16. oder 18. Jahre myopisch werden. Nach überschrittenem 20. Jahre dürfte die reguläre Myopie kaum zur Entwicklung kommen. Die Myopie kann bereits im 12. bis 15. Jahre stehen bleiben, die Grade, die sie hierbei erreicht, können die allerverschiedensten sein, von dem geringsten eben zu constatirenden bis zu den hohen Graden, wie sie der einfachen Myopie zukommen, welche aber $^1/_3$ kaum je übersteigen dürften. Die Myopie bleibt dann durchs ganze Leben auf unveränderter Stufe. Dass die Myopie im Alter durch jene Veränderungen, durch welche Emmetropie in Hypermetropie umgewandelt wird, abnimmt, ist nicht direct constatirt.

Ein anderer Verlauf der Myopie ist der, dass sie nicht bereits im frühen Alter stehen bleibt, sondern in der Regel ganz langsam, ganz allmälig

zunimmt bis zum 25. oder 30. Jahre und dann dauernd Halt macht. In einer dritten Reihe von Fällen ist auch um diese Zeit kein Stillstand der Kurzsichtigkeit zu beobachten, der Fernpunkt rückt noch weiterhin heran. Die Myopie kann dabei noch einfache Myopie sein, in der Regel aber und da wo die Myopie $^1/_3$ überschreitet, wahrscheinlich immer, ist das Fortschreiten der Axenverlängerung durch secundäre Chorioiditis bedingt.

Bisher wurde der Verlauf geschildert ohne Intervention des Accommodationskrampfes. Wie der Gang des wirklichen Fernpunktes sich unter dem Einflusse des Krampfes genau gestaltet, darüber sind unsere Kenntnisse noch ungemein lückenhaft, doch soviel scheint sicher, dass wenigstens in den meisten Fällen, in welchen man in jugendlichen Augen unter dem Einstürmen schädigender Momente, besonders angestrengter Nahearbeit, eine rapide Steigerung und weitere Zunahme der Myopie beobachtet, dies zunächst durch Accommodationskrampf bewirkt wird. In welcher Verlaufsart aber sich die wirkliche Myopie unter dem Krampfe entwickelt, ist noch unbekannt.

Fig. 61.



Donders unterscheidet drei Hauptkategorien der Myopie. In Fig. 61 ist der Verlauf des Nahe- und Fernpunktes für diese drei Kategorien nach Donders dargestellt. Die zur Seite der Figur stehenden Zahlen sind uns schon bekannt, sie entsprechen der Eintheilung eines Refractionsgebietes $^1/_2$ (von ∞ bis 2″ reichend) in 12 gleiche Theile. Die über der Figur stehenden Zahlen bezeichnen die verschiedenen Lebensalter. Die beiden ausgezogenen Curven zeigen den Verlauf des Fern-

und Nahepunktes bei jener Myopie, welche Donders als stationäre bezeichnet, die zwei gestrichelten Curven gehören der zeitlich progressiven, die punktirten der bleibend progressiven Myopie an. Diese Curven haben sich eine ungeheure Popularität erworben, in ihnen sind die Vorstellungen über den Verlauf der Myopie, ich möchte sagen erstarrt. Ob aber das absolut Wahre in ihnen zum Ausdrucke kommt, das sei uns hier ein wenig zu untersuchen gestattet. Man ersieht die Lage des Fern- und Nahepunktes für jedes Lebensalter, indem man auf der verticalen Linie, über welcher das betreffende Alter verzeichnet ist, nach abwärts gleitet und zusieht, wo die Curven jener Myopie, für welche man Fern- und Nahepunkt sucht, von dieser Verticalen geschnitten werden. Von diesen Schnittpunkten geht man in horizontaler Richtung nach links und findet dort für die untere Curve den Fernpunkt, für die obere den Nahepunkt bei einem bestimmten Lebensalter und einer bestimmten Art der Myopie. Die Anfangspunkte der Curven geben auf der ersten Verticallinie Nahe- und Fernpunkt für das 10. Lebensjahr.

Für stationäre Myopie (siehe die ausgezogenen Curven) ist in diesem Alter als Paradigma $M^1/_{24}$ genommen (doch erwähnt Donders ausdrücklich, dass auch ein ursprünglich hoher Grad von Myopie stationär bleiben kann). Es ist gerechtfertigt, sie als stationär zu bezeichnen, wenn sie gleich ein wenig. bis $^1/_{16}$ ansteigt. Anders ist die Frage, ob es gerechtfertigt ist, die Myopie, wie aus der Zeichnung hervorgeht, vom 45. Lebensjahre an wieder sinken zu lassen und zwar schliesslich bis zu $M^1/_{88}$. Donders bezeichnet zwar dieses Verhalten nicht als Regel, es muss aber zweifelhaft erscheinen, ob ein solcher Verlauf des Fernpunktes, eine solche Abnahme der Myopie wirklich und unmittelbar erwiesen ist. Was die Nahepunktscurve anlangt, so ist dieselbe für stationäre Myopie unter der Voraussetzung gezeichnet, dass sich die Accommodationsbreite dieser myopischen Augen analog wie die von Donders für emmetropische Augen des entsprechenden Alters gefundene, verhalte. Geringgradige Myopen brauchen aber für die Nähe, wie die Erfahrung lehrt, in einer viel späteren Zeit Convexgläser, als sie nach dem von Donders gegebenen Nahepunkte brauchen sollten. Das gibt Donders übrigens selbst an einer anderen Stelle seines Werkes an [1]). Diese Thatsache spricht gerade nicht dafür, dass die Myopie im späteren Alter abnimmt, eher dafür, dass die sogenannte erworbene Hypermetropie des

[1]) l. c. pag. 181, 188.

höheren Alters zum Theile nichts Anderes ist, als die nun hervortretende ursprüngliche Hypermetropie [1]). Ich glaube nicht, dass die Nahepunktscurve, wie sie Donders für ein Auge mit $M^1/_{16}$ entwirft, der Wirklichkeit entspricht.

Was die zeitlich progressive Myopie anlangt, so wird dieselbe, wie aus der tieferen der gestrichelten Curven ersichtlich, im 16. Jahre mit $^1/_9$ (= $^1/_8$—$^1/_{12}$) angenommen. Im 17. Jahre beträgt sie $^1/_8$, im 35. hat sie $^1/_5$ erreicht und bleibt dann stationär. Jedoch bezeichnet es Donders als eine Ausnahme, dass die Myopie, wenn sie einmal bis $^1/_5$ gestiegen ist, stationär bleibt. Die Zeit der stärksten Progression fällt vom 18. bis zum 22. Jahre. Auch für diese Kategorie der Myopie ist der Nahepunktsverlauf nach der Accommodationsbreite des Emmetropen construirt, daher die durch ihre schöne Wellenschwingung im Beginne imponirende (obere gestrichelte) Curve. Die Richtigkeit beider Curven ist aber, wie ich glauben möchte, nicht ausser Zweifel gestellt. Die rapide Steigerung der Myopie dürfte in einer grossen, vielleicht in der Mehrzahl dieser Fälle nur scheinbare Wirkung des hinzutretenden Accommodationskrampfes sein, die wirkliche Fernpunktscurve dürfte, falls der Grad der höchsten scheinbaren Myopie schliesslich den der wirklichen angibt, ganz anders verlaufen, nämlich viel allmäliger ansteigen, also in einem viel späteren Zeitpunkte in die horizontale Richtung übergehen, die wirkliche Myopie wäre also durch viel längere Zeit progressiv, als es der scheinbare Fernpunkt zeigt. Auch die wellenförmig geschwungene Nahepunktscurve dürfte im Angesichte der Thatsächlichkeit in eine vom Anfang an ganz bescheiden abfallende übergehen. In den zwanziger Jahren ist der Fernpunkt unter den vorliegenden Umständen entweder durch Krampf herangerückt, daher die gezeichnete Accommodationsbreite zu gross; oder da wo wirklich eine so rapide Steigerung der Axenverlängerung eintritt, möchte ich nach dem, was ich gesehen habe, sehr bezweifeln, dass zu dieser Zeit die Accommodationsbreite normal sei, sie dürfte vielleicht immer deutlich verringert sich zeigen.

Als Maass der bleibend progressiven Myopie (punktirte Curven) ist für das 10. Jahr c. $M^1/_7$, für das 15. $M^1/_6$ genommen. „Sie steigt am meisten bis zum 25., wohl auch 35. Jahre, langsamer im höheren Alter, wie es scheint stetig, aber doch öfter mit stossweisen Intervallen. Die Myopie kann bis $^1/_2$ und sogar noch höher steigen.“ In Betreff dieses Verlaufes muss man sich aber fragen, ob

[1]) S. pag. 227.

LANE MEDICAL LIBRARY
1680
SAN FRANCISCO

es gerechtfertigt ist, diese Myopie als Paradigma einfacher Myopie hinzustellen. Es scheint mir vielmehr, als würde es sich in diesen Fällen nur um den Verlauf handeln, den die Myopie beim Hinzutreten wirklicher Chorioiditis nimmt; dass aber, wie Donders meint, schon bei höheren Graden fast immer ein entzündlicher Zustand, wenigstens in etwas vorgerückteren Jahren eintritt, ist ein grosses Wort, das ich nicht gelassen nachsprechen möchte. Dass für die bleibend progressive Myopie eine geringere Accommodationsbreite verzeichnet wird, das ist zweifellos richtig.

Einundzwanzigste Vorlesung.

Functionen, Functionsstörungen, Beschwerden und Folgeerkrankungen des ametropischen Auges.

Wir haben, meine Herren! in dieser Vorlesung eine Revue passiren zu lassen über alle dem ametropischen Auge zukommenden Eigenheiten. Gar Vieles davon wurde bereits bei früheren passenden Gelegenheiten besprochen, so dass wir diesbezüglich nur ein Resumé zu fassen brauchen. Wir haben im Allgemeinen, abgesehen von den asthenopischen Beschwerden, die eine so eingehende Würdigung erfahren haben, in Betracht zu ziehen: die centrale Sehschärfe des unbewaffneten, sowie jene des bewaffneten Auges; die Ausdehnung des peripheren Gesichtsfeldes; die Grösse des blinden Flecks, und dessen Abstand von der Fovea centralis; die sogenannten Mouches volantes; die Reizerscheinungen; und die schweren Erkrankungen, die zur Ametropie sich hinzugesellen können. Anderseits haben wir noch die Accommodationsverhältnisse, die Excursion der Augenbewegungen und den von Ametropie abhängigen Strabismus in den Kreis unserer Betrachtungen zu ziehen.

In Betreff der centralen Sehschärfe sind wir in der neunten Vorlesung zu folgenden Schlüssen gelangt:

Es ist eine durch Nichts erwiesene Annahme, dass die Zapfen an der Fovea centralis im myopischen Auge minder dicht, im hypermetropischen hingegen dichter stehen, als im emmetropischen Auge.

Aus einer Verkleinerung der Netzhautbilder kann die verringerte Sehschärfe des hypermetropischen Auges ebensowenig erklärt werden, als sich die in der Regel so bedeutende Herabsetzung der Sehschärfe bei hochgradiger Myopie selbst durch eine disproportionale Dehnung des gelben Flecks, falls eine solche erwiesen wäre, erklären liesse.

Die Herabsetzung der Sehschärfe bei Hypermetropie und Myopie beruht auf anomaler, resp. gestörter Function der Netzhautzapfen.

Speciell hinsichtlich der Myopie sagten wir [1]), dass wir aus der Art und Weise, wie die Myopen sehen, noch die Unzulässigkeit der Annahme einer Zapfenauseinanderrückung kennen lernen werden. Ueber diesen Punkt müssen wir also noch sprechen. Bei Donders [2]) heisst es, dass in Folge der fortschreitenden Netzhautdehnung bei Zunahme der Myopie „dieselben Gegenstände in derselben Entfernung unzweifelhaft mit einer immer kleineren Anzahl empfindender Netzhautelemente" gesehen werden müssen. Diese Annahme scheint mir jedoch nicht erwiesen. Die Folge einer solchen Dehnung wäre, dass von einem bestimmten in der deutlichen Sehweite gelegenen Objecte aus einer bestimmten Entfernung ein Bild entworfen würde, das soviel percipirende Elemente deckte, als zur Zeit, da die Netzhaut noch nicht so gedehnt war, von dem Bilde eines in derselben Entfernung gelegenen kleineren Objects gedeckt wurde. Mithin müsste mit der Zunahme der Myopie sich Micropsie, Kleinersehen der Objecte, constant entwickeln. Donders meint zwar, dass, weil die Dehnung der Netzhaut allmälig eintrat, das Auge sich an diese Verhältnisse „gewöhnte", aber das wäre denn doch erst zu beweisen. Würde es sich um eine unbedeutende Abnahme der Zapfenzahl auf einem bestimmten Terrain handeln, dann könnte die Sache passiren, weil die Beurtheilung des Kleinersehens unter solchen Umständen eine schwierige Aufgabe für das Auge wäre. Aber Donders sagt, dass bei M $^1/_4$ oder $^1/_3$ die Sehschärfe gewöhnlich nicht mehr als $^1/_3$ beträgt, und ich finde, dass bei dem genannten Höhengrade der Myopie auch im jugendlichen Alter wenigstens in 50% der Fälle sich keine höhere Sehschärfe findet. Nach Donders beruht „die auf der Hand liegende Ursache" dieses Verhaltens in der Netzhautdehnung. Wenn nun Sehschärfen $^1/_3$ und vielleicht noch geringere, wie sie bei einfacher Myopie hohen Grades vorkommen, durch Netzhautdehnung bedingt sind, dann müsste die Zahl der percipirenden Elemente auf einem bestimmten linearen Areale um das 3fache und mehr gesunken sein — ganz abgesehen von dem gleichzeitig zunehmenden Abstande des 2. Knotenpunktes von der Netzhaut, wodurch das Verhältniss sich noch ungünstiger gestaltet. Dass das Auge sich an solche Verhältnisse „gewöhne" und nicht Micropsie eintrete, halte ich für unmöglich. Warum tritt denn bei gewissen pathologischen Processen am

[1]) pag. 167.

[2]) l. c. pag. 328.

der Macula lutea, wie sie sich gerade bei Myopie und auch da immer allmälig entwickeln, ein verändertes Sehen ein? und wie sind denn, wenn diese Netzhautdehnung eine Eigenheit der Myopie ist, die glänzenden Sehschärfen zu erklären, die mitunter bei hochgradiger Myopie vorkommen?

Ja, könnte man sagen, lässt sich bei unserer Annahme, dass die Zahl der Elemente auf einem bestimmten Areale bei Myopie zunimmt, das Sehen der Myopen erklären? Die Antwort lautet: allerdings! In der Tabelle II [1]) haben wir die Daten, welche wir bei Zugrundelegung des reducirten Auges gewonnen haben und welche uns hier interessiren. Ich greife den Werth heraus für $M^1/_6$, welche mein linkes Auge darbietet. Ich ersehe daraus, dass das Netzhautbild eines Objectes, das ich in 6″ ansehe, 1·11 mal so gross ist, als jenes, welches mein Auge, da es noch emmetropisch war, von demselben Objecte aus derselben Entfernung, indem es für 6″ accommodirte, entwarf. Donders meint zwar, dass eine solche Berechnung eine Ungereimtheit sei, doch glaube ich nicht, dass er hierin Recht hat. Aus der Tabelle II ersehen wir eben, wie geringfügig die Grössenzunahme der Bilder bei Myopie ist. Es ist leicht möglich, dass ich ein Object in der Entfernung von 6″ in toto jetzt um Ein Zehntel grösser sehe, als vor 25 Jahren und wenn auch die optischen Constanten meines Auges von denen des schematischen wesentlich abweichen, so wird es sich in dieser Hinsicht in meinem Auge nicht um wesentlich andere Verhältnisse handeln. Meine Sehschärfe kommt dabei gar nicht in Betracht. Ob meine Sehschärfe an das Doppelte des Normalen streift oder auf ein Drittel herabgesetzt ist, ist in dieser Hinsicht gleichgiltig, ich würde das Object in toto immer gleich gross sehen, nur die Details, die ich im Objecte wahrnehmen würde, wären bei der geringen Sehschärfe ganz andere. Ein Myop mit $M^1/_6$, welcher nur $^1/_3$ Sehschärfe zeigt, weil die Function der Netzhautzapfen gelitten hat, sieht ein Object in 6″ gerade so gross, wie ich mit einer $S > \frac{1}{2}$, in dessen Auge also die Function der Netzhautzapfen sicherlich nicht gelitten hat. Es ist möglich dass jener Myop das Object um Ein Zehntel grösser sieht, als in früheren Jahren! Wie will man das beurtheilen! Wenn er aber deshalb $S^1/_3$ hätte, weil die Grösse der Netzhautbilder um das Dreissigfache jener Grösse abgenommen hat, welche ich für die Zunahme annehme, dann würde er es wohl merken! Ein Myope mit $M^1/_6$ und $S^1/_3$ sieht ein Froschei gerade so gross wie ich, aber ich

[1]) pag. 166.

sehe an diesem Froschei ganz andere Details, ich sehe die Ei-Furchung in einem frühen Stadium, während jener Myop, der das Ei zu dieser Zeit ansieht, keine Ahnung davon hat, dass dessen Oberfläche uneben wird.

Bei Besprechnung der centralen Sehschärfe des neutralisirten Auges haben wir die Linsengesetze vollständig entwickelt, d. h. wir haben gezeigt, nach welchen Gesetzen sowohl der erste, als der zweite Knotenpunkt, je nach der Stellung des Correctionsglases vor dem Auge, verlagert wird, und so durch Erweiterung der schönen Sätze Knapp's das vorliegende Problem vollständig gelöst. Resumiren wir!

Der erste Knotenpunkt des Auges bleibt an seinem Platze, der Gesichtswinkel bleibt ungeändert, wenn das Correctionsglas, Concav- oder Convexglas, im vorderen Brennpunkte des Auges steht (Knapp).

Der erste Knotenpunkt rückt zurück ins Innere des Auges, der Gesichtswinkel wird kleiner, sowohl wenn ein corrigirendes Concavglas dem Auge näher, als auch wenn ein corrigirendes Convexglas dem Auge ferner steht, als dessen vorderer Brennpunkt.

Der erste Knotenpunkt rückt vor gegen die Cornea, der Gesichtswinkel wird grösser, sowohl für den Fall, als ein corrigirendes Concavglas dem Auge ferner, als auch für den, dass ein corrigirendes Convexglas dem Auge näher steht, als der vordere Brennpunkt.

Der zweite Knotenpunkt wird bei Ametropie in Folge von Axenänderung um so viel zurück-, resp. um so viel vorgerückt, als die Verlängerung resp. Verkürzung des Auges beträgt, wenn das corrigirende Concav- resp. Convexglas im vorderen Brennpunkte des Auges steht (Knapp).

Der zweite Knotenpunkt wird um weniger zurück-, resp. um weniger vorgerückt, als die Axenänderung des Auges beträgt, wenn das Correctionsglas zwischen Auge und vorderem Brennpunkte steht.

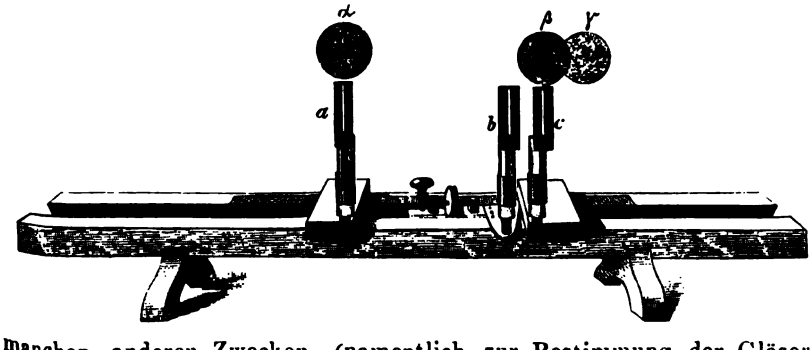
Der zweite Knotenpunkt endlich wird um mehr zurück-, resp. um mehr vorgerückt, als das Auge verlängert, resp. verkürzt ist, wenn das Correctionsglas jenseits des vorderen Augenbrennpunktes angebracht wird. Die Tabellen III und IV enthalten die Vergrösserungs- und Verkleinerungszahlen, wie sie sich ergeben, wenn man das reducirte Auge den Rechnungen zu Grunde legt.

Von theoretischer Seite ist damit der Gegenstand erschöpft. Wenn wir der praktischen Seite uns zuwenden, so fragt es sich: Ist es möglich, die Angaben der Theorie zu controliren? Für den Fall, dass es möglich wäre, könnte man daraus ersehen, in wieweit das aus

dem schematischen und reducirten Auge gewonnene ametropische Auge dem wirklichen entspricht. Es besteht bei diesen Versuchen die Schwierigkeit, dass, wenn die Accommodation aus dem Spiele bleiben soll, und man nicht Atropin anwenden will, man nur das myopische Auge zu diesen Versuchen verwenden kann, dieses aber sowie das atropinisirte hypermetropische Auge die entfernten Objecte überhaupt nicht deutlich sieht. Doch wollen wir gleich sehen, in welcher Weise sich diese Schwierigkeit beseitigen lässt. Ich wähle zum Experimente mein linkes Auge. Es wird corrigirt durch Concav $5^1/_2$, wenn ich das Glas nahe vor die Cornea stelle.

Ich lasse ein solches Concavglas durchschneiden, so zwar, dass das eine Segment noch das ganze Centrum des Glases enthält. Halte ich dieses letztere Stück vor mein Auge so, dass das Centrum des Glases nur die untere Hälfte der Pupille deckt, so sehe ich durch die obere Hälfte der Pupille die Gegenstände mit freiem, durch die untere mit bewaffnetem Auge. Am Schnittrande wirkt das Glas gleichzeitig wie ein schwach brechendes Prisma mit des Basis nach oben. Das durch das Glas gesehene Object wird etwas nach aufwärts von dem Bilde des unbewaffneten Auges auf der Netzhaut abgebildet, dieses letztere Bild daher unter das erstere projicirt. Nehme ich das andere des Centrums beraubte Segment des Glases zum Versuche, so wirkt das Glas gleichzeitig als ein Prisma mit der Basis nach unten und es erscheint das durch das Glas gesehene Object über dem frei angesehenen. Ich nehme nun (Fig. 62) eine optische Bank, welche zu

Fig. 62.



manchen anderen Zwecken, (namentlich zur Bestimmung der Gläserbrennweiten mit Hilfe des Ophthalmometers) dient, auf welcher ein mit einem Nonius versehener Schlitten (nebst den uns momentan nicht weiter interessirenden Halbringen für die Aufnahme von Linsen) auch eine Hülse für die Aufnahme einer Wachskerze b trägt, so zwar,

dass die Mitte der Hülse mit dem Nulltheilstriche des Nonius in Eine Linie fällt. Auf die optische Bank, längs welcher ein in Millimeter getheilter Massstab läuft, wird rechts und links vom Schlitten gleichfalls je eine Wachskerze *a* und *c* in entsprechenden Gestellen angebracht. Der Abstand der beiden Wachskerzen *a c* beträgt 150 Millim. Vor jeder Kerzenflamme ist in zweckmässiger Weise ein kleiner Metallschirm befestigt, der eine verticale, verengbare und erweiterbare, bis zum oberen Schirmrande reichende Spalte trägt. Die Spalte vor der Kerze *c* wird möglichst enge gemacht, so dass man eben noch einen Lichtstreifen durchsieht; die Spalte vor *b* und *a* nimmt man breiter, mit 4 Millimetern. Die Mittellinien der 3 verticalen Spalten gehen durch die entsprechenden Theilstriche am Fusse der Lichtspalte. Das Object, das ich zur Messung verwende, ist *a b*. Ich blicke nach demselben aus einer Entfernung von 10′. Das Netzhautbild von *a b* ist dabei allerdings grösser als der Durchmesser der Fovea centralis, liegt aber natürlich noch ganz auf der Macula lutea. Man sieht die Flammen gleichzeitig deutlich. Indem ich das corrigirende Concavglas in früher besprochener Weise vor mein linkes Auge halte, während das rechte Auge verhängt ist, sehe ich die 3 Lichtspalten scharf und über denselben 3 leuchtende Kreise mit dem entoptischen Bilde. Es gelingt leicht, den Leuchtkreis α so über die leuchtende Spalte *a* zu stellen, dass die Verlängerung der letzteren nach oben durch den Mittelpunkt des ersteren geht. Die Leuchtkreise β und γ stehen dann nicht über den Spalten *b* und *c*, denn es ist doch das Netzhautbild, das mit Hilfe des Concavglases zu Stande kommt kleiner, als das vom unbewaffneten Auge entworfene. Um wie viel es kleiner ist, das wollen wir ja gerade erfahren. Zu dem Ende wird der Schlitten mit *b* so lange gegen *c* geschoben, bis das Centrum von β genau über der Spalte von *c* steht. Der Leuchtkreis γ hat für uns kein Interesse, er kann nur geniren. Desshalb nehme ich die Spalte *c* so enge, dass ich dieselbe mit dem Glase noch sehr deutlich sehe, aber das ohne Glas zu Stande kommende Bild so lichtschwach ist, dass es kaum wahrgenommen wird und daher auch nicht stört, wenn es in den Leuchtkreis β hineingreift. Sowie das Centrum von β genau über *c* gestellt ist, braucht nur der Assistent die Distanz *a b* abzulesen. Dann weiss ich: Ein Object von der Grösse *ac*, welches ich mit dem corrigirenden Glase ansehe, entwirft ein Netzhautbild von demselben Durchmesser, als ein Object von der Grösse *a b*, das ich mit freiem Auge ansehe. Durch den Bruch $\frac{a\,b}{a\,c}$ ist also die verkleinernde Wirkung des Concavglases

ausgedrückt. Als Object dient sowohl für das bewaffnete, als für das unbewaffnete Auge der Abstand der Mitten der Lichtspalten, resp. der Leuchtkreise. Der Versuch lässt sich mit überraschender Genauigkeit ausführen, besonders wenn man nicht, wie es der Deutlichkeit der Zeichnung wegen dargestellt ist, die durch das Glas entworfenen Bilder unterhalb der mit freiem Auge gesehenen erscheinen lässt, sondern über denselben entwirft und zwar dadurch, dass man das Concavglas genau durch die Mitte schneidet oder einfach das früher erwähnte kleinere Segment des Glases zum Versuche nimmt. Es gelingt leicht, die scharfen Bilder so wenig über den Leuchtkreisen erscheinen zu lassen, dass sie zum Theile noch in die letzteren hineinragen. Es gelingt dann ferner ebenso leicht, die scharfen Lichtlinien durch den verticalen Durchmesser der Leuchtkreise gehen zu lassen.

Um a genau über oder unter α zu stellen, muss man das Centrum des Glases etwas gegen die Schläfe verschieben, indem der innere Theil des Glases als Prisma mit der Basis nach innen wirkt, wodurch das Netzhautbild nach innen abgelenkt wird, daher nach aussen gerade unter α projicirt werden kann. Zieht man von a und von c nach dem Knotenpunkte k des Auges Linien ak und ck, so trifft ck das Concavglas an einer Stelle, an welcher es als stärkeres Prisma wirkt, als an jener, wo ak hindurchgeht. Dadurch erscheint $\alpha\beta$ theoretisch stärker verkleinert, als es durch die einfache Wirkung des Concavglases als solchen verkleinert würde. Aber selbst bei Anwendung eines relativ starken Concavglases, wie es — $^1/_{5\,1/_4}$ ist, lässt sich dieses Plus der Verkleinerung nicht nachweisen, falls man das Bild, wie es bei unserem Versuche entworfen werden muss, mit jenem vergleicht, das man erhält, wenn man genau durch's Centrum des Glases sieht.

Aus einer grösseren Anzahl sehr wenig von einander differirender Versuche ergibt sich für ab der Werth von $117{\cdot}5^m$. Die verkleinernde Wirkung des Concavglases ist demnach gegeben durch $\frac{ab}{ac} = \frac{117{\cdot}5}{150}$ $= 0{\cdot}78$. Die Vergrösserungszahl, mit welcher ich die thatsächlich mit meinem corrigirenden Glase gefundene Sehschärfe multipliciren muss, ist $\frac{150}{117{\cdot}5} = 1{\cdot}277$, Meine Sehschärfe ist demnach, wenn ich sie nur mit $^{25}/_{20}$ annehme, d. h. wenn mein linkes Auge mit — $^1/_{5\,1/_4}$, $^1/_4$" vor die Cornea gestellt, die quadratischen lateinischen Buchstaben Snellen's Nr. XX nur auf 25′ erkennt, de facto $= {}^{32}/_{20}$.

Vergleichen wir dieses empirisch gefundene Resultat mit dem, das wir unter Zugrundelegung des reducirten Auges durch theoreti-

sche Rechnung erhalten haben, so finden wir in der Tabelle III[1]) für $M^1/_6$, corrigirt durch $-\ ^1/_{5^1/_2}$, als Vergrösserungszahl 1·091. Das Glas, welches mein linkes Auge corrigirt, ist nicht bloss fictiv, sondern factisch genau ein solches von $5^1/_2$ P. Z. negativer Brennweite, **die verkleinernde Wirkung desselben ist aber thatsächlich grösser als sie durch theoretische Rechnung für Concav $2^1/_2$** bestimmt worden ist. Wir ersehen diess direct aus Tabelle III. Daselbst findet sich für Concav $2^1/_2$ als Vergrösserungszahl 1·250, während die für Concav $5^1/_2$ empirisch gefundene Vergrösserungszahl 1·277 beträgt. Es zeigt dieser Versuch, welche ganz ungeheure Abweichung zwischen meinem Auge und dem theoretisch mit $M^1/_6$ ausgestatteten besteht und er bietet daher eine weitere Verstärkung des gegen das schematische und reducirte Auge gerichteten Beweismaterials, das in dem Befunde bei Aphakie und in den Ergebnissen der Messungen lebender Augen seine Stütze hat.

Nachdem ich in früheren Vorlesungen die theoretische Seite der Frage in Betreff des Einflusses der Gläser auf Gesichtswinkel und Sehschärfe zur Genüge erörtert, habe ich jetzt einen Versuch, bei welchem das Auge in Accommodationsruhe bleibt, angeführt, mit Hilfe dessen es möglich ist, der Sache eine praktische Seite abzugewinnen und den Einfluss sphärischer Gläser auf die Sehschärfe praktisch zu bestimmen. Aus einer Reihe solcher Bestimmungen bei verschiedenen Graden der Ametropie dürfte mancher interessante Schluss zu ziehen sein. Somit wäre der Gegenstand von meinem Standpunkte aus erledigt. Ich kann es mir aber nicht versagen, noch ein Urtheil von Donders hieherzusetzen. In v. Gräfe's Archiv XVIII. 2. 1872 pag. 245 findet sich ein Artikel von F. C. Donders, betitelt: „Praktische Bemerkungen über den Einfluss von Hülfslinsen auf die Sehschärfe." Der Aufsatz beginnt: „Nach Allem, was in letzterer Zeit über die Wirkung von Hülfslinsen Langes und Breites gerechnet und geschrieben worden, werden einige praktische Bemerkungen vielleicht am Platze sein." Weiter heisst es: „Die Erfahrung lehrt, dass wer ohne scharfe Fragestellung an die Arbeit geht, Gefahr läuft, sich in Rechnungen zu verlieren, welche recht nützlich zur Uebung sein mögen, doch für die Praxis unbrauchbar und für die Wissenschaft ein Ballast sind. Bei einer allgemeinen Behandlung dieser Fragen setzt man sich ausserdem der Gefahr aus, nur die Grösse der Bilder zu berechnen, ohne darauf zu achten, ob sie auf die Netzhaut fallen. Auf dieser Klippe ist schon Mancher

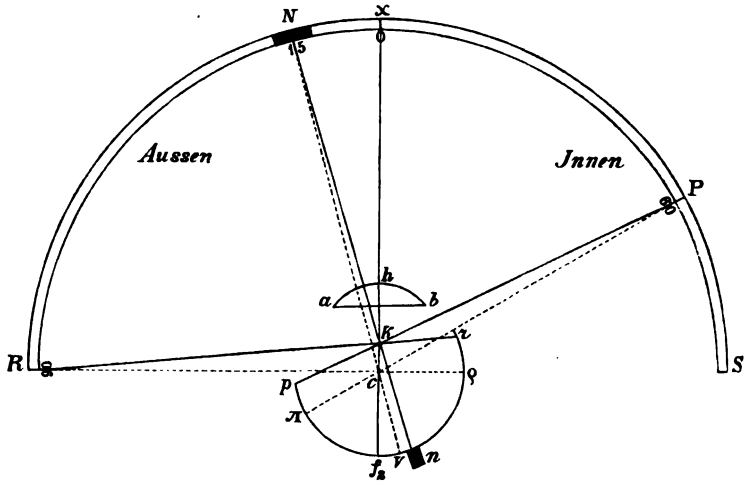
[1]) pag. 186.

estgefahren.... Man hüte sich vor optischen Fictionen.“ Ausserdem nthält die Arbeit nur noch gegen das Ende einen bemerkenswerthen atz: „*S* (die Sehschärfe) berechnen zu wollen, wie sie für Ametropie u sein gehörte, ist eine Ungereimtheit. Die Kenntniss von *S* ist es eine Frage der Untersuchung.“ Die besonders hervorragenden Worte dieser Ausführungen habe ich besonders kenntlich gemacht und s erübrigt nur noch etwas nachzutragen, was im Donders'schen exte fehlt, nämlich den Namen des Autors, gegen den diese Aussungen gerichtet sind. Ich behaupte wohl nicht zu viel, wenn ich ir schmeichle, dass ich es bin, der durch die den allgemeinen Theil er optischen Fehler behandelnden Vorlesungen diese „praktischen emerkungen“ hervorgerufen hat. Leider bin ich unfähig, das Neue id „Praktische,“ das uns Donders' Aufsatz bringt, gehörig zu würgen, und so muss ich all' das „des Langen und Breiten Rechnen und chreiben“, all' die „nützliche Rechenübung“ und „praktische Unbrauchbarkeit,“ all' den „wissenschaftlichen Ballast“, die so häufige „Klippenstfahrerei“ und „Ungereimtheit,“ wie sie meine die Sehschärfe behandelnden Vorlesungen enthalten, schwer lastend auf mir ruhen lassen.

An die Besprechung der centralen Sehschärfe schliesst sich folgechtig die Besprechung des Unterscheidungsvermögens der peripheren etzhauttheile, also jene der peripheren Sehschärfe an. Ueber diesen egenstand weiss man recht wenig; auch kann, da eine diesbezügliche rüfung einen hohen Grad von Intelligenz erfordert, nicht die Rede avon sein, dass man dieselbe als integrirenden Bestandtheil der mit dem Auge im Allgemeinen vorzunehmenden physikalischen Untersuung ansehe. Dagegen gelingt es relativ leicht, sich über die Ausehnung des Sehfeldes, d. h. über die Grenzen der Wahrnehmbareit weissen oder farbigen Lichtes auf der Peripherie der Netzhaut ufschluss zu verschaffen. Eine brauchbare Messung der Ausdehnung es Gesichtsfeldes geschieht mit einem der nach Förster's Principe onstruirten sogenannten Perimeter. Das Princip des Förster'schen Pemeters beruht darauf, dass die Grenzen des Sehfeldes auf einer mit er Netzhautsphäre concentrischen Hohlhalbkugel verzeichnet werden. st in dem (Fig. 63) dargestellten Horizontal-Durchschnitt des schemaschen Helmholtz'schen Auges *c* der mathematische Mittelpunkt der letzhaut- (wie der Scleral-) Sphäre, *RS* der Horizontal-Durchschnitt er um den gleichen Mittelpunkt *c* mit dem Radius *cX* gelegten hohn Perimeter-Halbkugel, fixirt dabei das Auge z. B. den Nullpunkt er Scala des Gradbogens, so das Xf_2 die Gesichtslinie (f_2 die fovea

centralis) darstellt, wobei wir der Einfachheit wegen annehmen wollen, dass c in der Gesichtslinie liege, so ist ein Bogen, welchen ich von O^0 aus auf dem Halbkreise RS abschneide, also z. B. der Bogen XP, in

Fig. 63.



Graden ausgedrückt, gleichwerthig mit dem Bogen $f_2\pi$ der Netzhaut, den ich erhalte, wenn ich von P durch c bis zur Netzhautsphäre nach π ziehe. Fixirt jetzt das Auge unverrückt den Punkt O^0 des Gradbogens und bewege ich längs des geschwärzten Perimeter-Bogens z. B. ein kleines weisses Quadrat in einem schwarzen Schlitten, nehme ich dabei für den Moment an, das mathematische Centrum der Netzhautsphäre wäre gleichzeitig das optische Centrum des Auges, dann lässt sich die Lage des Bildes des kleinen Objects auf der Netzhaut dadurch finden, dass ich von der Stelle, an welcher das kleine Quadrat sich gerade befindet, also z. B. von P durch c bis π ziehe. Würde ich dabei etwa bemerken, dass das weisse Quadrat nicht mehr sichtbar ist, falls ich es weiter gegen S verschiebe, so kann ich sagen, XP beträgt 60^0, mithin beträgt auch $f_2\pi$ 60^0. Die Ausdehnung des Sehfeldes (XP) nach innen, gegen die Nasenseite (die Insertion des Opticus bei n zeigt uns die Nasenseite des Auges an) beträgt 60^0, die äussere Netzhautpartie hat demnach Perceptionsvermögen für weisses Licht bis zu einem 60^0 von der Fovea abstehenden Punkte π. Wie gegen die Nasenseite, so kann das weisse Quadrat auch gegen die Schläfenseite verschoben und auf diese Art die Ausdehnung des Gesichtsfeldes im *ganzen horizontalen* Meridiane bestimmt werden. In praxi werden die

Bestimmungen am besten so gemacht, dass das weisse Quadrat von der Peripherie her aus einer Region, in welcher es unsichtbar ist, gegen das Centrum hin bewegt und die Stelle angegeben wird, an welcher zuerst etwas Weisses im Sehfelde auftaucht. Man kann statt des weissen Quadrats auch farbige Quadrate nehmen (auch durch entsprechende Vorrichtungen die Farben des Sonnenspectrums verwenden), so die Grenzen der Empfindlichkeit für verschiedenfarbiges Licht messen, endlich erforschen, wie weit noch überhaupt Bewegung des Schlittens längs des Gradbogens wahrgenommen wird, wenn man gleich von einem weissen oder farbigen Quadrat als solchem nichts mehr unterscheiden kann. Indem man das Versuchsobject auf der hohlen Halbkugel nicht in der Richtung des horizontalen, sondern eines anderen beliebigen Meridians verschiebt, lässt sich die Ausdehnung des Sehfeldes in diesem letzteren, und auf diese Art in jedem Meridian bestimmen, und so werden auf diese Weise die Grenzen des Wahrnehmungsvermögens auf der ganzen Peripherie der Netzhaut erforscht. Es ist übrigens einleuchtend, dass man zur Construction des Sehfeldes nicht eine wirkliche Hemisphäre, sondern nur einen Gradbogen RS braucht, welchen man durch Drehung um eine durch seinen Nullpunkt gehende Axe XO in jedem beliebigen Meridian feststellen kann. Das Förster'sche Perimeter besteht in der That aus einem solchen drehbaren, aus schwarzgefärbtem Metalle gefertigten, 2 Zoll breiten Bogen, dessen Radius 12″ (ungefähr 320 M$^{m.}$) beträgt. In der Zeichnung (Fig. 63) hat dieser Bogen nur einen Radius von 45 M$^{m.}$ und aus diesem Grunde wird eine theoretische Unrichtigkeit der perimetrischen Messung leicht ersichtlich. Möser sagt in seiner Inauguraldissertation, welche das Förster'sche Perimeter zum Vorwurfe hat, es werde das zu untersuchende Auge mit Hilfe eines entsprechenden Kinnhalters so gestellt, dass der hintere Knotenpunkt im Centrum des Bogens stehe. Ebenso hat sich Förster selbst schon früher [1]) ausgesprochen. Es ist klar, dass die Lage des Bildes auf der Netzhaut in der That nicht von der Lage des Centrums c der Netzhautsphäre, sondern von jener der Knotenpunkte — wir haben in der Figur nur den zweiten Knotenpunkt mit K verzeichnet — abhängig ist. Das Bild von P wird nicht in π, sondern factisch in p entworfen, der Gradbogen XP von 60^0 entspricht auf der Netzhaut nicht einem Bogen von 60^0, sondern einem viel grösseren. Es sind in der Figur die Maasse für das Auge dem schematischen Auge entnommen. Es ist also die Axenlänge $hf_2 = 22{\cdot}231$, der Hornhautradius $= 8$ M$^{m.}$

[1]) Compte-rendu des Pariser Congresses. 1867. pag. 125.

Setzen wir die Hornhautsehne $ab = 12$ M$^{m.}$, so lässt sich, wenn wir die Netzhaut im Horizont sphärisch gekrümmt sein lassen, der Radius ihres Kreises und daher der Abstand ihres Centrums von der Netzhaut berechnen. Es ergibt sich für den Radius cf_2 der Werth von 10·684 M$^{m.}$, mit welchem derselbe auch in der Zeichnung erscheint. Kf_2 beträgt im schematischen Auge 14·858 M$^{m.}$, daher ist $Kc = 4·174$ M$^{m.}$ Die sichtbare Differenz zwischen πf_2 und pf_2 (die sich auch berechnen lässt) entspricht also den auf der Annahme des schematischen Auges basirenden Verhältnissen, und es wird dieselbe kaum dadurch alterirt, dass c factisch ausserhalb der Gesichtslinie gelegen ist. Da der Knotenpunkt des Auges niemals im Centrum der Netzhautsphäre liegt, so können die Grade des Kreisbogens nicht Graden der Netzhaut entsprechen, und wäre bei dem Perimeter der Unterschied zwischen dem Halbmesser der Netzhaut und des Gradbogens kein grösserer, als in der vorliegenden Figur, dann könnte man in der That die Werthe des Gradbogens nicht unmittelbar verwenden. Für einen Gradbogen von 12″ Halbmesser wird jedoch die Grösse $p\pi$ so klein, dass man sie vernachlässigen mag. Aber bewusst soll man sich dieses theoretischen Fehlers werden, ebenso wie man nicht vergessen darf, dass, wenn das Auge in der Richtung von vorn nach hinten auffallend verlängert oder verkürzt ist, die Sclera also den Abschnitt eines Rotations-Ellipsoides mit sagittaler oder äquatorialer grosser Axe darstellt, dann noch weniger von einer directen Uebertragung der Perimeterwerthe auf die Netzhaut die Rede sein kann. Es sei noch bemerkt, dass auch der Umstand, falls man den Durchmesser der Scleralsphäre dem Diameter anteroposterior des Auges gleichsetzt und den Falz zwischen Cornea und Sclerotica gleichsam durch Eindrücken der Scleralkugel sich entstanden denkt, an den vorliegenden Betrachtungen wenig ändert.

Das Förster'sche Perimeter hat einige Modificationen von anderer Seite erfahren. Landolt machte den Kinnhalter drehbar, und theilte (zum Zwecke genauer Bestimmungen des Abstandes zwischen gelbem und blindem Fleck) den Bogen von 0° bis 20° nach rechts und links in Viertelgrade, sowie er auch in diesem Bereiche eine feine Theilung in verticaler Richtung anbrachte. Scherk (auch Schweigger) setzte wirklich an die Stelle des drehbaren Bogens eine hohle Halbkugel, welche, um eine genügende Beleuchtung zu ermöglichen, bei Scherk in zwei seitliche Hälften getheilt ist, von denen eine zurückgeschlagen werden kann, wenn man auf der anderen das Sehfeld mit einem von der Peripherie in verschiedenen Richtungen hereingeführten Kreidestück absteckt, Carter verwandelte umgekehrt den Förster'schen Halbkreis in einen drehbaren Viertelkreis.

Als Fixationsobject dient bei Förster eine kleine Elfenbeinkugel, welche in verschiedenen Stellungen festzustellen ist, Carter verwendet statt derselben auch eine durchbohrte Scheibe, durch deren Oeffnung man ohne Anstrengung der Accommodation ein am entgegengesetzten Ende des Untersuchungszimmers gelegenes Object fixirt.

Die Untersuchung wird entweder so vorgenommen, wie dies durch Fig. 63 veranschaulicht ist, d. h. es wird die als Fixationsobject dienende Kugel auf den Nullpunkt der Scala eingestellt, die Fovea centralis dient dann als Centrum für die Gesichtsfeldbestimmung; oder aber man stellt die Elfenbeinkugel circa 15° nasenwärts und lässt sie in dieser Lage fixiren. Während das Auge hiezu um 15° nach innen sich drehte, ist der Sehnerv soweit nach aussen gewandert, dass er sich nunmehr an der Stelle von f_2 findet. Der Nullpunkt der Scala wird jetzt auf dem Centrum des durch die Eintrittsstelle des Sehnerven dargestellten blinden Flecks abgebildet und die bei dieser Lage des Fixationsobjectes gefundenen Werthe für die Sehfeldgrenzen sind auf den blinden Fleck als Centrum zu beziehen. Förster wählte in der That den blinden Fleck zum Ausgangspunkt der Messungen, weil wir bei der Augenspiegeluntersuchung uns gleichfalls von der Eintrittsstelle des Sehnerven und nicht von der Fovea centralis aus orientiren, weil ferner der Opticuseintritt und nicht die Fovea als anatomisches Centrum der Retina anzusehen ist und weil endlich in manchen Krankheiten die Gesichtsfelddefecte an den blinden Fleck sich unmittelbar und in verschiedener Art anschliessen.

Genaue Bestimmungen des Gesichtsfeldes wurden schon vor langer Zeit gemacht. Thomas Young (1801) fand für sein Auge nach aussen eine Ausdehnung von 90, nach innen von 60, nach oben von 50, nach unten von 70 Graden. Purkinje (1825), welcher sich eines vollkommen zweckmässig construirten, mit einem dem Grade seiner $M^1/_7$ entsprechenden Halbmesser beschriebenen Kreisbogens und als Objects, mit welchem die Peripherie der Netzhaut betastet wurde, des Flämmchens eines Wachsstockes bei Verdunklung des äusseren Schauplatzes bediente, fand das Sehfeld nach aussen 100° (bei künstlich erweiterter Pupille sogar 115°), nach innen 60°, nach oben gleichfalls 60° und nach unten 80° weit sich erstrecken.

Die Maasse von Young sind diejenigen, welche man als die für ein normales Sehfeld giltigen annehmen kann. Misst man nicht wie Young von der Fovea centralis, sondern wie Förster vom Centrum des blinden Flecks aus, so erhält man geringere Werthe für die innere Sehfeldhälfte. Man erhält z. B. für den horizontalen Sehfeldbogen nach

aussen 75°, nach innen aber kann die Ausdehnung auch jetzt nur 60° betragen. Von der Fovea centralis aus gerechnet erstreckt sich das Sehfeld, wenn XN = 15°, nach aussen wie früher, 90° (75+15°), nach innen hingegen nur 45°. Es muss sofort auffallen, dass einfach die Nase Schuld an dieser Beschränkung des Gesichtsfeldes trägt. Die Bestimmung des Sehfeldes vom blinden Fleck aus hat also, wenn man nicht durch eine entsprechende Kopfdrehung den behinderden Einfluss der Nase beseitigt, den grossen Nachtheil, dass die Ausdehnung des Sehfeldes nach innen dabei wesentlich kleiner erscheint und man über den wirklichen Werth dieser Grösse im Unklaren bleibt.

Schon Thomas Young hat als Ursache der Beschränkung des Sehfeldes nach oben, unten und nach innen die umgebenden Gesichtstheile beschuldigt, und es ist in der That leicht einzusehen, dass namentlich die Nase und der obere Orbitalrand sammt Augenbrauen hindernd wirken können. Dobrowolsky hat gezeigt, dass auch die Lider eine Rolle spielen, so zwar dass nicht blos nach oben und unten, sondern sogar nach aussen eine Erweiterung des Gesichtsfeldes durch Oeffnung der Lidspalte, resp. durch das Auseinander- und Zurückziehen des äusseren Augenwinkels herbeigeführt wird.

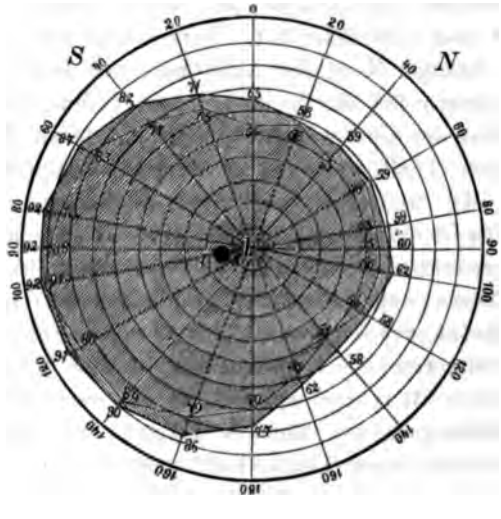
Um sich von diesen Hindernissen, welche der Bestimmung der wirklichen Sehfeldausdehnung möglicher Weise im Wege stehen, zu befreien, hat man ein sehr einfaches Mittel. Man kann entweder, während man den Nullpunkt fixirt, den Kopf in entsprechender Weise drehen (Landolt), so dass man denselben z. B. nach links dreht, wenn man die Ausdehnung des Sehfeldes des rechten Auge nach innen, von der Nase uneingeschränkt haben will; oder aber man fixirt, was viel einfacher ist, ein Object im entgegengesetzten Quadranten. Will ich das factische Sehfeld des rechten Auges nach innen messen, so richte ich das rechte Auge um 20 oder 30° nach aussen und fixire ein an dem betreffenden Theilstrich des Gradbogens angebrachtes kleines Visirzeichen. Will ich das Sehfeld nach unten bestimmen, richte ich den Blick nach oben; will ich es nach oben messen, blicke ich nach abwärts, doch muss hierbei das obere Lid künstlich gehoben werden, und will man endlich auch noch Controle darüber üben, ob das Feld nach aussen durch die Lider etwas beschränkt sei, so blicke man nach innen. Dieser letztere Werth tritt also bei der Bestimmung vom blinden Fleck aus richtig hervor. Schon Aubert hat in dieser Weise die Ausdehnung des Sehfeldes controlirt, das Gleiche thaten Uschakoff, Landolt und Dobrowolsky. Aubert hat hervorgehoben, dass das Sehfeld nach innen an Ausdehnung nicht gewinnt, wenn man statt des Nullpunktes der

Scala einen 20° nach aussen gelegenen Punkt fixirt. Uschakoff und Landolt dagegen fanden eine diesbezügliche Erweiterung.

Man hat ferner Untersuchungen darüber angestellt, wie sich die Ausdehnung des Sehfeldes in Augen verschiedener Refraction verhalte. Sowohl Uschakoff als Reich kamen zu dem Resultate, dass in hypermetropischen Augen das Gesichtsfeld grösser, in myopischen hingegen kleiner sei, als im emmetropischen. Auch bei ungleicher Refraction beider Augen liess sich die diesbezügliche Differenz in der Sehfeldausdehnung constatiren. Doch sind die Befunde von Uschakoff und Reich ziemlich differirend. Uschakoff fand für emmetropische Augen die Ausdehnung des Sehfeldes im Horizont zwischen 137° und 142°, im verticalen Meridian zwischen 114° und 120°. Bei Myopen zeigten sich viel grössere Schwankungen; für den verticalen Meridian ergaben sich Werthe zwischen 92° und 120°, für den horizontalen solche zwischen 100° und 140°. Die Einschränkung des Gesichtsfeldes betrifft bei Myopen vorzugsweise den äusseren Quadranten. Bei Hypermetropie fand Uschakoff durchgehends ein grösseres Gesichtsfeld als bei Emmetropie, als grösste Werthe für den verticalen Meridian eine Ausdehnung von 146°, für den horizontalen von 174°.

Reich fand die Grenzen des Sehfeldes weiter vom Centrum abliegend, auch zeigten sich bei *E*, *M* und *H* nur geringe Differenzen in der Ausdehnung desselben. Die geringe Beschränkung bei Myopie betrifft im Allgemeinen nicht den äusseren, sondern den inneren Quadranten.

Fig. 64.



In Fig. 64 ist das Sehfeld des linken emmetropischen Auges meines Assistenten Dr. Plenk in Förster'sche Manier verzeichnet. Der Zwischenraum zwischen je zwei concentrischen Kreisen repräsentirt einen Abstand von 10°, der äusserste Kreis ist 100° vom Centrum entfernt. Die Richtung der Meridiane ist unmittelbar durch Zahlen gekennzeichnet. *N* bezeichnet die innere, Nasenseite, S die äussere,

Schläfenseite des Sehfeldes. Die innere Bogenlinie stellt das Sehfeld dar, falls der Nullpunkt des Perimeterbogens unverwandt fixirt wird, der äussere kreisförmige Contour ist dadurch gewonnen, dass die wirkliche Ausdehnung des Sehfeldes in jedem Meridian bei Fixation eines um 30° nach der der Bestimmung entgegengesetzten Richtung gelegenen feinen Objects (eines kleinen weissen Flecks) bestimmt ward. Die Differenz zwischen beiden Kreiscontouren ist der Ausdruck für die Beschränkung des Sehfeldes durch die das Auge umgebenden Theile mit Einschluss der Lider, falls die Fovea centralis als Centrum der Gesichtsfeldbestimmung dient. Es zeigt sich, dass sich das Sehfeld nach Beseitigung der Hindernisse nach allen Richtungen erweitert, im horizontalen Meridian nach innen um 5°, nach aussen um 4°, im verticalen Meridian nach oben um 11°, nach unten um 7°. Die wirkliche Ausdehnung des Sehfeldes beträgt im Horizont 152° und zwar kommen davon 92° auf die Schläfen-, 60° auf die Nasenseite des Feldes. Im verticalen Meridian erstreckt sich das Sehfeld durch 142° und zwar 65° nach oben, 77° nach abwärts.

Die Ausdehnung des Sehfeldes, wie es Fig. 64 zeigt, ist als das normale Maass für das Gesichtsfeld eines emmetropischen Auges zu betrachten, jedoch kommen Schwankungen von einigen Graden nach allen Richtungen selbstverständlich vor.

Es liegen vor mir eine Anzahl von Gesichtsfeldbestimmungen, welche Dr. Plenk in myopischen und hypermetropischen Augen ausgeführt hat. Es sei zunächst noch folgende Bemerkung angebracht. Nach der Aufführung der von verschiedenen früheren Beobachtern für die Sehfeldgrenzen gefundenen Werthe sagt Uschakoff, dass der Unterschied der verschiedenen Zahlenangaben vielleicht nur zum Theil von den verschiedenen Untersuchungsmethoden abhängt. „Viel wahrscheinlicher und gewiss zum grössten Theile resultirt er aus der individuellen Verschiedenheit eines jeden Auges: Die bisher genannten Autoren haben fast ausschliesslich nur an ihren eigenen Augen experimentirt, ohne auch nur das Geringste über die Refraction derselben zu erwähnen“ [1]). Nun lässt sich aber die Refraction der Experimentatoren seit Young aus ihren Schriften ersehen. Was aber speciell, da uns dieser Fall besonders interessirt, die Refraction von Thomas Young und von Purkinje anlangt, deren Angabe auch Uschakoff anführt, so ist die Refraction der Augen Young's in den Annalen der Augenheilkunde wegen ihres Astigma-

[1]) Reichert's und Du Bois' Archiv 1870. pag. 458.

tismus berühmt geworden und bekannt, dass sie im horizontalen Meridian $M^1/_7$, im verticalen $M^1/_{10}$ zeigten und Purkinje, welcher sich, wie auch Uschakoff angibt, eines Bogens von 7″ Radius zu der in Rede stehenden Messung bediente, bediente sich eben eines solchen Bogens, weil 7″ die Distanz seines deutlichen Sehens war [1]). Nun aber sagt Young, dass sein Sehfeld im horizontalen Meridian 150°, im verticalen 120° messe und Purkinje gibt gar für den ersten Meridian bei enger Pupille 160°, für den letzteren 140° an, in specie erstreckte sich das Gesichtsfeld Young's im Horizont nach aussen 90°, dasjenige Purkinje's sogar 100°. Da nun Uschakoff als grösste Werthe bei Emmetropie 142° im Horizont und 120° im verticalen Meridian, bei Myopie aber wesentlich kleinere Sehfelder dazu besonders nach aussen fand, so hätte er gewiss nicht die verschiedenen Angaben der Autoren auf deren verschiedene Refraction zurückgeführt — falls er Young's und Purkinje's Refraction nicht übersehen hätte. Die Messungen der letztgenannten Forscher zeigen schon an, dass ein stricter Zusammenhang zwischen Myopie und kleinem Sehfeld nicht existirt, ebensowenig, als ein solcher zwischen Hypermetropie und grossem Sehfeld in durchgreifender Weise vorkommt.

Ich will nun für eine Anzahl von Myopen, deren Sehfeld bei Einstellung des blinden Flecks auf den Nullpunkt des Perimeters gemessen wurde, die Werthe für den äusseren Quadranten von der Fovea aus gerechnet anführen, da nur diese Werthe hiebei von Fehlern frei sind.

1.	Rechtes	Auge	$M^1/_{30}$	$S^{20}/_{20}$	93·5°	Linkes	Auge	$M^1/_{24}$	$S^{20}/_{20}$	93·5°
2.	„	„	$M^1/_{12}$	$S^{20}/_{30}$	91°	„	„	$M^1/_{12}$	$S^{20}/_{30}$	89°
3.	„	„	$M^1/_{12}$	$S^{20}/_{20}$	91°	„	„	$M^1/_{12}$	$S^{20}/_{20}$	90°
4.	„	„	$M^1/_{10}$	$S^{20}/_{40}$	87°	„	„	$M^1/_{10}$	$S^{20}/_{40}$	87°
5.	„	„	$M^1/_8$	$S^{20}/_{20}$	95°	„	„	$M^1/_9$	$S^{20}/_{30}$	95°
6.	„	„	$M^1/_9$	$S^{20}/_{20}$	85°	„	„	$M^1/_9$	$S^{20}/_{30}$	85°
7.	„	„	$M^1/_9$	$S^{20}/_{20}$	90°	„	„	$M^1/_8$	$S^{20}/_{20}$	88°
8.	„	„	$M^1/_9$	$S^{20}/_{20}$	95°	„	„	$M^1/_8$	$S^{20}/_{30}$	95°
9.	„	„	$M^1/_{6·5}$	$S^{20}/_{50}$	87°	„	„	$M^1/_8$	$S^{20}/_{50}$	87°
10.	„	„	$M^1/_{7·5}$	$S^{20}/_{30}$	86°	„	„	$M^1/_{6·5}$	$S^{20}/_{40}$	86°
11.	„	„	$M^1/_{6·5}$	$S^{20}/_{30}$	80°	„	„	$M^1/_{6·5}$	$S^{20}/_{40}$	82°
12.	„	„	$M^1/_6$	$S^{20}/_{30}$	92°	„	„	$M^1/_7$	$S^{20}/_{40}$	90°
13.	„	„	$M^1/_5$	$S^{20}/_{30}$	87°	„	„	$M^1/_{5·25}$	$S^{20}/_{40}$	89°

[1]) Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne 2. Bändchen. 1825. pag. 5.

14.	Rechtes	Auge	$M^1/_{4\cdot25}$	$S^{20}/_{30}$	84°	Linkes	Auge	$M^1/_{4\cdot5}$	$S^{20}/_{30}$	80°
15.	„	„	$M^1/_4$	$S^{10}/_{40}$	77°	„	„	$M^1/_{3\cdot25}$	$S^{10}/_{40}$	75°
16.	„	„	$M^1/_{2\cdot75}$	$S^{10}/_{30}$	80°	„	„	$M^1/_{2\cdot75}$	$S^{10}/_{30}$	81°
17.	„	„	$M^1/_{2\cdot75}$	$S^{10}/_{200}$	79°	„	„	$M^1/_{2\cdot5}$	$S^{10}/_{40}$	75°

Ich lasse die entsprechenden Werthe für ein halbes Dutzend hochgradiger Hypermetropen folgen:

1.	Rechtes	Auge	$H^1/_{12}$	$S^{20}/_{30}$	85°	Linkes	Auge	$H^1/_{12}$	$S^{20}/_{20}$	88°
2.	„	„	$H^1/_7$	$S^{20}/_{30}$	79°	„	„	$H^1/_7$	$S^{20}/_{30}$	85·5°
3.	„	„	$H^1/_{5\cdot5}$	$S^{10}/_{50}$	86·5°	„	„	$H^1/_{7\cdot5}$	$S^{10}/_{50}$	75°
4.	„	„	$H^1/_{5\cdot33}$	$S^{20}/_{50}$	93°	„	„	$H^1/_6$	$S^{30}/_{50}$	90·5°
5.	„	„	$H^1/_8$	$S^{20}/_{50}$	81°	„	„	$H^1/_8$	$S^{10}/_{50}$	80°
6.	„	„	$H^1/_{3\cdot5}$	$S^{20}/_{30}$	?	„	„	$H^1/_{3\cdot5}$	$S^{10}/_{70}$	92°

Geringere Grade von Hypermetropie bieten keine anderen Werthe als emmetropische Augen. Man sieht aus den angeführten Zahlen, dass allerdings bei hochgradiger Myopie, wie die letzten 4 Fälle (im Fall 14 war Chorioiditis areolaris (Förster), im letzten Falle Chorioiditis disseminata mit vielfachen Scotomen da) zeigen, das Sehfeld eingeengt sein kann, aber ganz ähnliche Verhältnisse können auch bei hochgradiger Hypermetropie hervortreten. Bei Myopie kann ein sehr grosses Sehfeld vorkommen, selbst bei $M^1/_6$ (Fall 12) kann es eine Ausdehnung von 90—92° nach aussen (wie auch in meinen eigenen Augen), bei $M^1/_8$ und $^1/_9$ sogar von 95° haben. Eine grössere Sehfeldausdehnung wurde auch bei Hypermetropen nie gefunden. Die Grösse des Sehfeldes steht auch nicht in directem Zusammenhange mit der centralen Sehschärfe. Bei gleicher centraler Sehschärfe können ametropische Augen gleichen Grades (ebenso wie diess für emmetropische Augen gilt) deutliche Differenzen aufweisen. So ist im Fall 11 bei $M\ \frac{1}{6.5}$ und $S^{20}/_{30}$ das Gesichtsfeld nach aussen = 80°, im folgenden Fall 12 bei $M^1/_6$ und gleicher centraler Sehschärfe dagegen = 92°. Unter den Hypermetropen zeigt sich Aehnliches; so z. B. ergibt sich im Fall 5 im linken Auge bei $H^1/_8$ und $S^{10}/_{50}$ das Sehfeld nach aussen = 80°, im 6. Falle erstreckt sich dasselbe für das gleichnamige Auge, welches $S^{10}/_{70}$ und $H\ \frac{1}{3\cdot5}$ hat, um 12° weiter nach aussen. Es muss bemerkt werden, dass das Gesichtsfeld nach den anderen Richtungen als nach aussen keine Besonderheit aufwies. War es nach aussen gross, so reichte es auch nach den übrigen Richtungen bis zu der durch die das Auge umgebenden *Angesichts*theile gesteckten Grenze. War es klein nach aussen, so

war diese Einengung auch nach den anderen Richtungen zu constatiren. Refractions-Differenzen der beiden Augen Eines Individuums, wie sie in den angeführten Fällen vorkommen, zeigen keinen auffallenden Einfluss auf die Ausdehnung des Sehfeldes. Differenzen von 1—2° können Beobachtungsfehler sein. Dem gegenüber muss ich mich gleich verwahren, als ob die halben Grade, die hie und da in den Reihen vorkommen, eine affectirte Genauigkeit wären. Diese halben Grade kommen nur daher, weil das Sehfeld von der Mitte des blinden Flecks aus aufgenommen und der Abstand des Centrums des blinden Flecks von der Fovea centralis sehr genau ermittelt wurde. Betrug also diese letztere Grösse z. B. 15·5° und streckte sich das Sehfeld vom Nullpunkte (entsprechend der Mitte des blinden Flecks) 78° nach aussen, so ergab sich die wirkliche Ausdehnung des Feldes von der Fovea nach aussen mit 93·5°. Der Sehfeldprüfung bei bedeutender Refractionsdifferenz beider Augen wurde auch die Aufmerksamkeit zugewendet. Es kann bei sehr verschiedener Refraction und centraler Sehschärfe das Sehfeld gleich gross sein. Z. B. erstreckt sich beim 24jährigen B., welcher am linken Auge $M^1/_{18}$ und $S^{20}/_{20}$, am rechten Auge $M\frac{1}{5·5}$ und $S^{20}/_{70}$ darbietet [1]), das Sehfeld des linken Auges vom Centrum des blinden Flecks nach aussen 73°, nach innen 56°, also im Horizont 129°; nach oben 58°, nach abwärts 69°, also in der Verticalen 127°. Für das rechte Auge mit $M\frac{1}{5·5}$ und $S^{20}/_{70}$ sind die entsprechenden Werthe: $73 + 57 = 130°$ im Horizont; $57 + 68 = 126°$ in der Verticalebene. Die grösste Refractionsdifferenz, bei welcher das Sehfeld bestimmt wurde, boten die Augen des 46jährigen Bieg dar [2]). Links E und $S^{20}/_{20}$, rechts $M\frac{1}{3·75}$ und $S^{10}/_{30}$. Am linken Auge reichte das Sehfeld vom Centrum des blinden Flecks aus nach aussen 73°, nach innen 68°, betrug daher im Horizont bei dieser Messung in summa 141°; am rechten Auge nach aussen 73°, nach innen 62°, daher im Horizont 135°. Nach oben reichte es links 48°, rechts 46°; nach unten: links 69°, rechts 61°. Nach aussen, nach jener Richtung hin, in welcher die Grösse des Gesichtsfeldes von der Configuration der Lider und der übrigen Umgebungen des Auges unabhängig ist, konnte ein

[1]) Siehe pag. 453. Fall I.
[2]) S. pag. 453. Fall VI.

Unterschied in der Erstreckung desselben nicht constatirt werden. Ausserdem zeigt sich das Sehfeld dieses hochgradig myopischen Auges, absolut genommen, als ein grosses, es entspricht eben dem des emmetropischen Auges. Von der Fovea centralis nach aussen gerechnet, ergibt sich für jedes Auge 88°.

Will ich mit voller Gewissenhaftigkeit die Frage über die Ausdehnung des Sehfeldes in emmetropischen und ametropischen Augen beantworten, so muss ich sagen, es haben die Augen jeglichen Baues bald ein grösseres bald ein kleineres Sehfeld, aber ein stricter Zusammenhang zwischen Ametropie und Sehfeldausdehnung existirt nicht. Ich gebe zu, dass hochgradig kurzsichtige Augen ein abnorm kleines Sehfeld haben können, aber einerseits kommt ein solches auch in hochgradig hypermetropischen Augen vor, andererseits kann eine solche Einengung des Sehfeldes Folge einer wirklichen Erkrankung, namentlich einer Chorioideo-Retinitis sein, welche in der Gegend des Aequators und vor dem Aequator in hochgradig kurzsichtigen Augen sich nicht selten entwickelt. Ja, Uschakoff selbst sagt, er habe gesehen, wie bei einem Myopen mit $M \frac{1}{2 \cdot 5}$ und $S^{20}/_{70}$ das periphere Sehfeld nach einer Heurteloup'schen Blutentziehung sich erweiterte, mithin auch in diesem Fall die ursprünglich gefundenen Grenzen des Sehfeldes mit Unrecht als Ausdruck für den Baufehler angesehen worden wären. „Veränderungen des Blutkreislaufes und der Ernährung der Netzhaut" gibt ja doch Uschakoff auch als erschwerende Momente bei Myopie zu, nach meiner Ansicht sind sie es allein, welche zu auffallender Einengung des Sehfeldes führen können.

Als Hauptgrund für die von ihm angenommene Kleinheit des Sehfeldes bei Myopie nimmt Uschakoff an, dass in Folge der Verlängerung des Bulbus die Peripherie der Netzhaut mehr oder weniger nach hinten rücke, sowie, dass „in Folge der starken Zerrung der Netzhautelemente, die gegen die Peripherie hin sich verringernde Empfänglichkeit der Netzhaut noch um ein Bedeutendes sinke, ja sogar gleich Null werden" kann. Umgekehrt ist nach Uschakoff im kurzen hypermetropischen Auge der äquatoriale Rand der Netzhaut mehr nach vorne verlegt und werden auf einer Fläche von bestimmter Ausdehnung bedeutend mehr Nervenelemente nachgewiesen, als im myopischen Auge. Es ist mir nicht bekannt, dass von all' den genannten Momenten irgend eines anatomisch mit Sicherheit nachgewiesen worden wäre, namentlich müssen die decidirten Angaben in Betreff des hyper-

tropischen Auges geradezu verblüffen. Da mir auch von einer omalie des Sehfeldes in Folge einfacher Ametropie nichts bekannt so brauche ich nicht nach diessbezüglichen Gründen zu forschen, aber Folgendes bemerken. Wenn eine wirkliche Zurückziehung Netzhaut im myopischen Auge stattfindet, dann wird, je stärker selbe an der Peripherie ausfällt, desto mehr das Netzhaut-ntrum vor Dehnung bewahrt werden und daher werden es nach Ansicht Derjenigen, welche auch die centrale Sehschärfe bei opie durch Dehnung der Retina beeinflussen lassen, die hoch-digen Myopen mit guter, noch mehr jene mit ausgezeichneter traler Sehschärfe sein müssen, welche das kleinste Gesichtsfeld en, während je schlechter die centrale Sehschärfe ist, je mehr ier das Centrum der Netzhaut gedehnt und die Peripherie vor hnung bewahrt wird, desto vollkommener die Peripherie der Netz-t fungiren, desto grösser das Sehfeld sein wird. Die Erfahrung gt da gerade das Gegentheil. Sie zeigt, dass, wie bei Emmetropie auch bei Myopie verschiedene Grösse des Sehfeldes bei gleicher traler Sehschärfe vorkommt, dass ferner im Allgemeinen Myopen guter centraler Sehschärfe auch ein grosses Sehfeld, mit stark abgesetzter aber ein kleines haben. Die centrale Sehschärfe hängt n bei Myopie nicht von Dehnung der Netzhaut ab. An den ipheren Partien der Netzhaut müssen wir bei Myopie immer eine hnung annehmen, aber durch die einfache Dehnung kann die Em-idlichkeit gegen Licht nicht absolut verloren gehen. Eine wirkliche rückziehung der Ora serrata findet nicht statt, sonst müsste sich Sehfeld in Folge des Langbaues des Auges wirklich verkleinern.

Die Form des Gesichtsfeldes im Allgemeinen müssen wir noch rachten. Ein Blick auf die Figur 64 zeigt, dass die wahren Grenzen Gesichtsfeldes, wie sie der äussere Kreiscontour angibt, sehr ver-ieden weit von der Fovea centralis abstehen. In der ganzen inneren lfte des Gesichtsfeldes ist eine auffallende Einengung im Vergleiche der äusseren Hälfte zu constatiren. Gerade nach innen z. B. streckt i das Sehfeld durch 60°, nach aussen 90° (in runder Zahl). Der ere Bogen ist nur $^2/_3$ des äusseren. Die gleiche Beengung zeigt sich h innen oben und innen unten, gerade nach oben ist das Sehfeld-en kleiner, als gerade nach unten, nach aussen hin von der durch Fovea centralis gehenden Verticalen erweitert sich das Sehfeld rt nach allen Richtungen. Purkinje sieht den Grund für die un-che Ausdehnung des Sehfeldes nach verschiedenen Richtungen darin, s jene Partien der Netzhaut, zu denen wegen der umgebenden Ge-

sichtstheile kein Licht gelangen kann, „ausser Erregung und Uebung bleiben und daher in einem lähmungsartigen Zustande sind.“ Aubert meint, dass Purkinje's Erklärung nicht gelten könne, weil doch der Nasenrücken und die übrigen das Auge umgebenden Theile selbst Licht reflectiren, daher die Netzhaut bis zur Peripherie beleuchtet sei, und weil ein mit dem Centralorgan in Verbindung stehender Nerv nicht gelähmt werde. Er sucht den Grund für die in Rede stehende Erscheinung mit mehr Wahrscheinlichkeit in besonderen anatomischen Verhältnissen — eine Ansicht, welcher Uschakoff mit Entschiedenheit sich anschliesst, während Landolt neben dem Einflusse anatomischer Verhältnisse doch auch Purkinje's Theorie der Amblyopia ex anopsia aufrecht erhalten will.

Dass eine Amblyopia ex anopsia für die gerade nach aussen gelegene Netzhautpartie nicht gelten könne, ergibt sich daraus, dass ja bei jeder seitlichen Blickrichtung, die 20—30° erreicht, die äussere Netzhautpartie Eines Auges am peripheren Sehen gerade so Antheil nimmt, wie die innere Netzhautpartie beim Blick nach vorne. Da nun seitliche Blickrichtungen sowohl nach rechts als nach links tagtäglich unzählige Male stattfinden, so wird den gerade nach aussen gelegenen Netzhautpartien beider Augen hinlänglich Gelegenheit geboten, am peripheren Sehen theilzunehmen, daher eine Amblyopia ex anopsia sich nicht entwickeln kann. Wenn Landolt zu dem Schlusse kommt, dass bei seitlichen Blickrichtungen die äusseren Netzhauthälften vernachlässigt werden [1]), so beruht dies auf einem Irrthum. Das Entstehen einer solchen Amblyopie auf der unteren, besonders der unteren äusseren Partie der Netzhaut wäre eher begreiflich, weil beim Blicke nach abwärts durch die dabei erfolgende Senkung des Lides nur ein unbedeutend grösserer Theil der unteren Netzhautfläche vom Lichte getroffen wird. Es erstreckt sich z. B. bei der Fixation des Nullpunktes des Perimeters das Sehfeld gerade nach oben durch 54°; wird ein 30° nach abwärts gelegenes Object fixirt, so erweitert sich das Sehfeld nach oben nur um 2° auf 56°. Wird aber jetzt das obere Lid künstlich gehoben, so erreicht das Sehfeld 65°. Wenn nun trotzdem, dass der untere Bogen des verticalen Netzhautmeridians niemals weiter als bis zum 56. Grade vom Lichte, das durch die Pupille geht, getroffen wird, doch noch eine Empfindlichkeit der Retina in diesem Quadranten bis zum 65. Grade constatirt werden kann, so spricht auch dieser Umstand gerade nicht für die Amblyopia ex anopsia.

---

[1]) Annali di ottalmologia. Anno I. Fasc. 4. 1872. pag. 477.

Nimmt man statt der Fovea centralis das Centrum des blinden Flecks als Ausgangspunkt der Messungen, dann tritt allerdings die ungleiche Ausdehnung des Sehfeldes nach den verschiedenen Richtungen theils gar nicht mehr, theils nur in viel geringerem Masse hervor. So erstreckt sich das Feld vom diesem Centrum aus, welches 15° nach aussen vom Fixationspunkte liegt, gerade nach innen durch 15+60=75°, gerade nach aussen durch 90 (oder 92)—15° = 75° bis 77°; nach oben bleibt es kleiner, während es nach unten grösser wird. Dass es sich aber sicherlich um eigenthümliche anatomische Verhältnisse handelt, wird auch bei dieser Bestimmungsart schon desshalb klar, weil vom Centrum des blinden Flecks aus das Sehfeld nach aussen und unten (um 10°—20° vom Horizont nach abwärts) sich constant, bei Augen jeglicher Refraction weiter, selbst bis um 9° weiter erstreckt, als gerade nach aussen.

Um aus anatomischen Gründen zu erklären, weshalb das Sehfeld von der Fovea aus, die wir vorläufig in den hinteren Pol des Bulbus stellen wollen, viel weniger weit nach innen, als nach aussen reicht, muss gezeigt werden, dass die Ausbreitung der empfindenden Netzhautschichten eine wesentlich andere nach aussen als nach innen ist. Brücke sagt, dass wenn man sich durch den vorderen Rand, die sogenannte Ora serrata der Retina jedes Auges eine Ebene gelegt denkt, diese Ebenen gegen die Nasenseite convergiren, was doch, besonders, wenn man die der „anatomischen Beschreibung des menschlichen Augapfels" beigegebene Abbildung berücksichtigt, keine andere Bedeutung haben kann, als dass die Netzhaut an der Schläfenseite weiter nach vorne reicht, als an der Nasenseite — und Merkel bestätigt neuestens diese Angabe. Daraus würde folgen, dass der anatomischen Anordnung der Netzhaut gemäss, das Sehfeld sich weiter nach innen, als nach aussen erstrecken müsste. Uschakoff sagt, dass wir aus der Anatomie der Netzhaut wissen, dass der periphere Rand der Netzhaut auf der inneren, der Nasenseite, der Vereinigungsstelle der Iris mit der Gefässhaut um Einen Millimeter näher liegt, also um 1 M^m. weiter noch vorne reicht, als an der äusseren, der Schläfenseite. Damit wäre allerdings erklärt, warum das Sehfeld überhaupt weiter nach aussen als nach innen reicht, aber noch lange nicht, warum es um dreissig Grade weniger nach innen als nach aussen sich erstreckt. Nehmen wir (S. Fig. 63) den Radius der Netzhautsphäre des schematischen Auges mit 10·684 M^m., so entsprechen 30° der Netzhaut keinem geringeren Werthe, als einem solchen von 5·594 M^m., wobei noch gar nicht erwiesen ist, dass die empfindende Netzhautpartie im inneren

Netzhautquadranten sich nicht noch weiter nach vorn erstreckt, als das Sehfeld anzeigt, dessen Grösse ja von der Möglichkeit des Lichteinfalles durch die Pupille abhängt. Es erstreckt sich also von der Fovea centralis aus die empfindende Netzhaut im Horizont um wenigstens $5^1/_2$ Millimeter weniger weit nach aussen, als nach innen; und diese Differenz kann nur vergrössert werden, falls der Radius der Netzhautsphäre dem halben Diameter anteroposterior des Auges gleicht, oder falls wir den Umstand berücksichtigen, dass der Knotenpunkt nicht mit dem Centrum der Netzhaut zusammenfällt. Ziehen wir durch die Mitte der Hornhaut eine Linie, welche auf der Hornhautsehne als senkrecht steht und verlängern wir diese Linie, bis sie die Netzhaut in f_2, resp. die Sclerotica trifft, so ist der letztere Punkt als der anatomische hintere Augenpol anzusehen. Fragen wir um die Ausdehnung der Netzhaut von diesem Punkte aus, so müssen wir bedenken, dass die Fovea von diesem Punkte aus in der Regel nach **aussen** gelegen ist, und dadurch stellt sich die Ausbreitung der Netzhaut vom hinteren Augenpol allerdings etwas symmetrischer heraus. Liegt z. B. die Fovea um 5^0 nach aussen vom hinteren Augenpol, so erstreckt sich, falls das Sehfeld von der Fovea 90^0 nach aussen und 60^0 nach innen reicht, dasselbe vom hinteren Augenpol nur um 85^0 nach aussen, dagegen um 65^0 nach innen. Wenn wir jedoch nicht schematische, sondern wirkliche Werthe berücksichtigen, so vermag die Differenz von $5^1/_2$ M^m· selbst vom Augenpol aus gerechnet wenig alterirt zu werden. Für das linke Auge des Dr. Plenk, dessen Gesichtsfeld in Fig. 64 gegeben ist, fand ich als Radius des nahezu sphärischen Horizontaldurchschnittes der Cornea 7·88775 M^m·, die halbe Hornhautsehne mit 6·15927 M^m·, die Fovea centralis um 3^0 nach aussen vom hinteren Augenpol. Die Hornhauthöhe berechnet sich mit 2·9577 M^m·, die Länge der Augenaxe (mit Zugrundelegung eines Werthes von $\frac{1}{2 \cdot 6}$ für die Linse) = 24·1152 M^m·, der Radius der Scleralsphäre mit 11·4755 M^m·. Das Gesichtsfeld reicht um 92^0 von der Fovea, also um 89^0 vom hinteren Augenpol nach aussen, um 60^0 von der Fovea, also um 63^0 vom hinteren Augenpol nach innen. Die Differenz von 26^0, vom hinteren Augenpol an gerechnet, beträgt in dem gegebenen Fall 5·2 M^m·; die Differenz von 32^0, von der Fovea aus gerechnet, hat einen linearen Werth von 6·4 M^m·. Worin diese ungeheuren Differenzen begründet sind, ist gänzlich unbekannt.

Es mögen sich noch einige kurze Bemerkungen über den Einfluss der Brillen auf die Ausdehnung des peripheren Sehfeldes

hen. Da ein Abstand zwischen Glas und Auge besteht, so wird periphere Lichteinfall von der Schläfenseite her nur zum Theil ı das Glas, zum Theil zwischen Glas und Auge erfolgen. Mein ld reicht 90° nach aussen, durch das Brillenglas jedoch nur bis)°. Uebrigens müssen Concavgläser an und für sich einen verssernden, Convexgläser einen verkleinernden Einfluss auf die ehnung des Sehfeldes, und zwar, aus doppeltem Grunde üben. e ich durch das Centrum meines Concavglases gerade nach vorn, so z. B. ein von der Nasenseite herkommender Lichtstrahl durch das Centrum nach innen gelegene Glasstück zum Auge treten. Dieser des Glases wirkt wie ein Prisma mit der Basis nach innen, der strahl wird zur Basis abgelenkt, der Strahl trifft die äussere ıautpartie an einer mehr nach innen, d. i. weniger weit nach vorne enen Stelle, als er sie träfe, falls er nicht abgelenkt würde. Es desshalb das Licht eines factisch im Gesichtsfeld weiter nach gegen die Nase gelegenen Leuchtpunktes auf den empfindenden ıautrand fallen, falls das Licht nicht durchs Centrum des Concavs hindurchtritt. Die Figur 63 kann uns dieses Verhältniss insofern ınlichen, wenn wir uns denken, dass der von *P* kommende Lichtl, welcher sonst auf die Grenze der empfindenden äusseren Netzpartie nach *p* fiele, nunmehr, weil er durch die innere Partie ıls Prisma wirkenden Concavglases nach innen abgelenkt wird, auf *p*, sondern auf π fällt und daher erst ein um mehr als 60° innen gelegener Leuchtpunkt sein Bild auf *p*, die Grenze der ndenden Netzhautpartie, werfen wird. In dieser Art vergrössert ein ıvglas das Gesichtsfeld nach allen Richtungen, aber auch noch aus Grunde, weil der zweite Knotenpunkt durch dasselbe zurückkt wird. Wenn in Fig. 63 der empfindende Netzhautbogen durch egeben ist, so entspricht demselben bei der Lage des Knotenes in *K* der Sehfeldbogen *RP*. Wenn aber durch Vorsetzen eines ıvglases der Knotenpunkt von *K* nach *c* zurückrückt, dann entıt dem Sehfeldbogen *RP* der Netzhautbogen $\pi\varrho$, und ein viel serer Sehfeldbogen als *RP* dem empfindenden Netzhautbogen *pr*. Weil der Randtheil der Convexgläser eine entgegengesetzte atische Wirkung ausübt als der Randtheil der Concavgläser, und durch Convexgläser der zweite Knotenpunkt vorgerückt wird, erkleinern Convexgläser als solche das Gesichtsfeld, und wenn wie reich, Helmholtz und Uschakoff angeben, das Sehfeld bei ıccommodation für die Nähe sich erweitert, so kann diess nach ıholtz davon abhängig sein, dass sich die Pupille beim Nahe-

sehen der Hornhaut nähert, kann aber nicht den Grund in der Vorrückung des Knotenpunktes haben, da dieser Umstand auf das Sehfeld verkleinernd wirken müsste. Bei starken Convexgläsern, z. B. Staargläsern, wird, wie Berlin angegeben hat, die durch dieselben erzeugte ringförmige Einengung des Gesichtsfeldes als ein ringförmiger Defect im Sehfelde zwischen jenem Theile, welcher ohne Hilfe des Glases und jenem, der durch das Glas gesehen wird, merkbar.

Die Ausdehnung des blinden Flecks und dessen Abstand von der Fovea centralis zieht jetzt, meine Herren! unsere Aufmerksamkeit auf sich. Fixirt das emmetropische Auge (Fig. 63) den Nullpunkt der Scala und gleitet das weisse Quadrat im äusseren Quadranten vom Nullpunkte gegen *R* hin, so kommt ungefähr bei 12° eine Stelle, an welcher der äussere Rand des Quadrats zu verschwinden beginnt. Allmälig wird dasselbe ganz unsichtbar und erst beim 17. oder 18. Grade ist es wieder ganz mit seinem inneren Rande hervorgetreten. Am besten bestimmt man in Perimetergraden den Durchmesser des blinden Flecks, z. B. bei der gegebenen Gradbogenstellung im horizontalen Meridian, wenn man das weisse Quadrat zunächst gänzlich innerhalb der blinden Stelle verschwinden lässt, es hierauf nach rechts und links bewegt und darauf achtet, bei welchem Gradstriche die erste Spur des Weissen nach der einen wie nach der anderen Richtung zum Vorschein kommt. Da das Centrum der Eintrittsstelle des Sehnerven nicht bloss nach innen, sondern in der Regel auch mehr oder weniger nach oben (gewöhnlich um einen halben Papillendurchmesser = 3°) von der Fovea liegt, so liegt dem entsprechend das Centrum des blinden Flecks nicht bloss nach aussen, sondern auch nach unten vom Fixationspunkte (S. Fig. 64). Daher wird man gewöhnlich die als Fixirobject dienende kleine Elfenbeinkugel nicht gerade vor die Null des Gradbogens stellen dürfen, sondern sie etwas höher schieben müssen, damit das in der Mittellinie des Gradbogens streichende Quadrat mit seiner horizontalen Mittellinie den Durchmesser des blinden Flecks durchschneide. Man wird sich bald überzeugen, dass in emmetropischen Augen der Abstand der Centren des gelben und blinden Flecks (richtiger der Abstand der Fovea von dem durch das Centrum des blinden Flecks gehenden Verticalmeridian), sowie des letzteren Durchmesser im Werthe nur wenig schwankt. Der Abstand zwischen Fovea und Centrum des Mariotte'schen Flecks beträgt gewöhnlich 15°, kann auf 14° sinken und auf 16° steigen, der Durchmesser des blinden Flecks ist fast constant = 6°, selten kleiner (5°).

kaum je grösser. Ausser mit Hilfe des in die verschiedenen Meridiane gestellten Perimeterbogens lässt sich, wie man diess zunächst gethan hat, der blinde Fleck auf einer der Angesichtsfläche parallelen, in der deutlichen Sehweite stehenden Ebene verzeichnen, am besten so: dass die genannte Ebene durch ein aufgespanntes Papier von matter schwarzer Farbe dargestellt und die Grenzen des blinden Flecks, während ein kleiner weisser Punkt auf dem schwarzen Papier fixirt wird, mit Hilfe eines langen, mit schwarzem Papier überklebten Bleistiftes mit kleiner weisser Spitze in der Art abgesteckt werden, dass man zunächst die weisse Spitze innerhalb des blinden Flecks verschwinden lässt und die Stellen notirt, an welchen dieselbe ringsum zum Vorschein kommt. Endlich kann man dadurch, dass man mit Hilfe des Augenspiegels ein kleines Flammenbild auf den Sehnerven und dessen Umgebung wirft, prüfen, ob diese letztere in den blinden Fleck einbezogen wird oder nicht (Donders).

Es erregt ein begreifliches Interesse, die Frage zu beantworten, wie gross der Durchmesser des blinden Flecks im hypermetropischen und myopischen Auge sei und inwiefern durch den Baufehler der Abstand zwischen blindem und gelbem Fleck alterirt werde. Mit Untersuchungen über die Ausdehnung der blinden Stelle im hypermetropischen Auge hat man sich nicht eingehender befasst, dagegen war, sobald man das sog. Staphyloma posticum bei Myopie mit dem Augenspiegel entdeckt hatte, die Aufmerksamkeit darauf gerichtet, ob die Netzhaut an der Stelle des Conus gegen Licht empfindlich sei oder nicht. v. Gräfe sagt 1855, dass „die Messungen des blinden Flecks aufs Neue ergaben, dass der von der Chorioidea entblösste Netzhauttheil um den N. opticus seine normale Leitung einbüsst, so dass immer eine Vergrösserung des blinden Flecks nachweisbar war." Ein Jahr darauf spricht er sich etwas reservirter aus. „Am Anfang" heisst es, „pflegt die Leitung in der von der Chorioidea (zum grössten Theile) entblössten Netzhautpartie nur um Weniges herabgesetzt zu sein." „Es lässt sich dann eine Vergrösserung des blinden Flecks in keiner Weise nachweisen. Später ändert sich dies Verhalten dahin, dass allerdings eine Vergrösserung des blinden Flecks eintritt, welche jedoch dem Umfange der weissen Stelle im Augenhintergrunde nicht entspricht, sondern kleiner ist. Der dem Defect angrenzende Theil im Gesichtsfelde, welcher seiner Lage nach noch innerhalb der Projection der weissen Stelle fällt, pflegt allerdings undeutlichere Eindrücke zu vermitteln." „Nur in seltenen Fällen habe ich beobachtet, dass die ganze Netzhautpartie jeder Function verlustig geht."

Unter den Autoren, welche nach v. Gräfe über die Vergrösserung des blinden Flecks sich aussprachen, will ich noch Donders besonders aufführen. Donders fand bei der ophthalmoscopischen Beleuchtung des Conus gleichfalls, dass „bei geringer Entwicklung des Halbmonds die Wahrnehmung von Licht auf demselben nicht fehlt, dass aber bei hohen Graden mit entwickelter Atrophie jede Wahrnehmung wirklich vollständig oder beinahe vollständig verschwinde", sowie dass bisweilen in der auf eine ebene Fläche projicirten Figur des Mariotte'schen Flecks die Gestalt der Sichel ziemlich genau wiedergegeben erscheint. Diese mehr unregelmässige Figur, welche bei der Theilnahme des Conus an der Vergrösserung des blinden Flecks zum Vorschein kommt, konnte auch Marsikani constatiren, sowie auch in Woinow's Auge die Form des Flecks der Begrenzung einer seinen Sehnerven umgebenden circulären Aderhautatrophie genau entsprechend sich zeigte. Schnabel endlich fand bei angeborenem Conus die Lichtempfindung — er untersuchte nach der Donders'schen Methode — im Bereiche der weissen Stelle vollkommen aufgehoben. Unter 14 Fällen atrophischer Coni stimmte das Resultat zehnmal vollkommen mit dem bei angeborenem Conus gefundenen überein. Viermal konnte Vergrösserung des blinden Flecks mit Bestimmtheit, aber nicht bestimmt constatirt werden, ob die Grenze des blinden Flecks mit der Conusgrenze zusammenfiel. In keinem Fall überhaupt fand Schnabel unzweifelhafte Unversehrtheit der Lichtempfindung an der Stelle des Conus.

Ueber den Abstand des Mariotte'schen Flecks von der Fovea centralis liegen Untersuchungen von Seiten Landolt's und Dobrowolsky's vor. Landolt findet bei Hypermetropen grössere, bei Myopen kleinere Abstände zwischen Fovea und Centrum des Sehnerven, als bei Emmetropen. Bei Hypermetropie wurde ein Abstand bis zu 19°, bei Myopie bis zu 11° gefunden. Auch steht der blinde Fleck über dem gelben im hypermetropischen Auge höher, im myopischen weniger hoch, als im emmetropischen Auge. Dobrowolsky kommt zu ähnlichen Resultaten. Für emmetropische Augen fand er am häufigsten 15½ Perimetergrade Abstand zwischen Fovea und Opticuscentrum, einmal jedoch, bei einem amerikanischen Collegen, die bemerkenswerthe Grösse von 21°. Bei Hypermetropen niederen Grades ist der Abstand grösser (bis 18°), bei solchen hohen Grades jedoch kann derselbe bis auf oder sogar unter das Maass, welches für das emmetropische Auge gilt, sinken. In myopischen Augen ganz geringen Grades besteht kein merkbarer Unterschied von Emmetropie; mit Steigerung der Myopie nimmt der oft erwähnte Abstand ab, wird jedoch nicht immer dem Myopiegrade

proportional gefunden; bei noch höheren Graden von Myopie folgt wieder eine Abrückung des Sehnerven von der Fovea bis zu einem dem Verhältnisse im emmetropischen Auge nahezu gleichkommenden Maasse. Landolt und Dobrowolsky glaubten aus den Werthen der Perimetergrade die entsprechenden linearen Maasse berechnen zu können und thaten diess auch.

Nagel sagt, dass „das sonderbare und unglaubliche Resultat", dass bei Myopie, die doch mit Dehnung der hinteren Bulbuswandung einhergeht, statt der zu erwartenden Vergrösserung des Abstandes zwischen blindem und gelbem Fleck eine Verkleinerung desselben gefunden wurde, sich aus der Formveränderung des Bulbus bei Myopie erklären lasse, einer Formveränderung, durch welche, wie wir wissen, der Sehnerv mehr an die innere Wand des Bulbus wandert, wesshalb ja der Opticus bei der Augenspiegeluntersuchung als Längsoval sich darstellt und wodurch der zu messende Abstand in perspectivischer Verkürzung erscheint. So richtig dieser Einwand an und für sich ist, so ist der gleichzeitige Vorwurf, dass der eben erwähnte Umstand von den genannten Autoren seltsamer Weise nicht berücksichtigt wurde, nach dem Wortlaute von Dobrowolsky's und Landolt's Arbeit nicht gerechtfertigt, denn Dobrowolsky sagt ausdrücklich, dass es sich von selbst verstehe, dass in den Fällen, in welchen die Papille gegen die Macula schief gestellt ist, die berechnete Distanz nicht der wirklichen Distanz entspricht, sondern immer kleiner ausfällt als letztere. Es wurden desshalb zur Untersuchung nur jene Fälle gewählt, in welchen die Schiefstellung der Papille bei der ophthalmoscopischen Untersuchung fehlte [1]). Ebenso erklärt Landolt die an einzelnen Augen gefundenen Resultate aus der ophthalmoscopisch constatirten Schiefstellung des Sehnerven [2]), sowie er das ganze Resultat bei Myopie aus der ovalen Form des Bulbus ableitet [3]). Allerdings hätte er da nicht aus den kleinen Perimeterwerthen kleine Linearwerthe berechnen sollen.

Die Ausdehnung des blinden Flecks kann nach dem Gesagten bestimmt werden: erstens dadurch dass man den Sehnerven und seine Umgebung mit einem kleinen Flammenbildchen abtastet, ferner dadurch, dass man denselben auf eine ebene Fläche projicirt, oder endlich in

[1]) Annales d'oculistique 1871. pag. 224. Im deutschen Abdrucke der in Rede stehenden Arbeit (Zehender's Monatsblätter 1871) fehlt der angeführte Passus.

[2]) Annali di ottalmologia Anno II. Fasc. 1. 1872. pag. 76.

[3]) Ibidem pag. 78. Siehe auch Nagel's Jahresbericht pro 1872 pag. 92 und 444.

der Art, dass man am Perimeter ein Object durch sein Bereich in verschiedenen Meridianen hindurchführt. Bei den beiden letzteren Untersuchungsmethoden werden gleichzeitig Werthe für den Abstand des Mariotte'schen Flecks von der Fovea gewonnen. Will man bei einer grösseren Anzahl von Individuen einschlägige Untersuchungen vornehmen, so taugt die erstere Methode nicht, abgesehen davon dass sie ja nur eine Bedeutung hat, um zu entscheiden, ob bei vorhandenem Conus die Netzhaut an der Stelle desselben Licht empfindet oder nicht. Man glaube aber ja nicht, dass es leicht sei, in dieser Hinsicht zufriedenstellende Resultate zu erlangen. Zur Erzeugung des kleinen Flammenbildchens umgibt man den Cylinder einer Petroleum- (oder Gas-) Lampe mit einer drehbaren geschwärzten Metallröhe, in welcher in der Höhe der Flamme Löcher von verschiedenem Durchmesser angebracht sind. Mit dem Augenspiegel wirft man das Licht einer solchen kleinen Oeffnung auf den Sehnerven und den Conus und lässt vom Untersuchten angeben, ob er Lichtempfindung habe oder nicht. Es lässt sich nun allerdings bei intelligenten Individuen, die im Stande sind jede Bewegung des Auges bei diesem Versuche zu unterdrücken, nachweisen wie weit die Lichtempfindung reicht, und man kann sich so wirklich überzeugen, dass bisweilen an der Stelle des Conus die Lichtempfindung vollständig fehlt; in den meisten Fällen jedoch, besonders wenn man bei kleinem Conus Aufschluss über Lichtempfindung erhalten will, ist man nicht im Stande zu einem deutlichen Resultate zu kommen, weil abgesehen von der Schwierigkeit, das Leuchtbild genau auf eine kleine Stelle zu concentriren, bei den geringsten Bewegungen des untersuchten Auges, falls der Conus wirklich kein Licht percipiren würde, doch Licht empfunden wird, und es nützt uns nichts, dass wir das Auffallen des Lichtes auf die umgebenden Partien der Netzhaut constatiren können — der Versuch will eben nicht zur Zufriedenheit gelingen. Noch viel schwieriger aber ist es, feststellen zu wollen, ob bei vorhandener Lichtempfindung dieselbe normal oder geschwächt sei.

Die Projection des blinden Flecks auf eine ebene Tafel und die genaue Verzeichnung seiner Grenzen kann ebenfalls wegen der Intelligenz die dieser Versuch immerhin erfordert nicht allgemein in Anwendung gezogen werden. Aus solchen Bildern kann übrigens bei kleinem Conus auch nur dann die Vergrösserung des blinden Flecks ersehen werden, falls der Conus ophthalmoscopisch besonders deutlich und eigenthümlich markirte Grenzen hat, die sich im Bilde des Mariotte'schen Flecks wieder spiegeln. Eine bedeutende Vergrös-

erung des blinden Flecks wird sich allerdings unmittelbar in der eichnung kundgeben, aber nicht richtig wäre es, glauben zu wollen, an könnte berechnen, ob die Grösse des Gesichtsfeld-Defects der rösse des ophthalmoscopisch sichtbaren Conus entspreche. Ausserdem uss man, um vergleichbare Aufschlüsse über die Ausdehnung des linden Flecks und über dessen Abstand von der Fovea zu gewinnen, echnungen anstellen, denen das richtige Substrat fehlt.

Die besten Aufklärungen gibt uns noch das Perimeter. Begnügen ir uns den horizontalen Durchmesser des blinden Flecks, der ja bei er gewöhnlichen Conusform der grösste oder nahezu grösste ist, sowie en Abstand des blinden Flecks von der Fovea zu bestimmen, so ist ies eine relativ leichte Arbeit, die uns aber doch dabei die zwei ichtigsten Fragen beantwortet, die eine nämlich, ob die Grösse des linden Flecks im hypermetropischen Auge mit jenem des emmetropichen stimme und ob die Grösse des Conus im Defecte zum Vorschein omme, sowie die zweite, ob mit Ametropie eine Aenderung des Abtandes zwischen blindem und gelbem Fleck einhergehe. Was die letztere rage anbelangt so ist zu bemerken, dass Dobrowolsky sich des ehlers bewusst wurde, der dadurch entsteht, wenn man bei vorhandeem Conus, der ja fast immer nach aussen gegen die Macula hinzieht, on der Mitte des blinden Flecks den Abstand der Fovea berechnet, as auch Landolt that; er hat aber doch diesen Fehler begangen, weil erselbe ihm noch immer und mit Recht kleiner dünkte, als wenn man len Abstand der Fovea von dem nächst gelegenen äusseren Rande der nempfindlichen Stelle bestimmt. Nicht begreiflich ist nur, wie so Dobrowolsky nicht darauf kam, den Abstand der Fovea vom inneren Rande des Sehnerven zu messen, da wenn wie gewöhnlich der Conus nach innen vom Sehnerven fehlt, der Abstand des inneren Randes des Sehnerven von der Fovea, resp. der Abstand des äusseren Randes des Sehfeldefects im blinden Fleck von dem Fixationspunkte durch den Conus icht beeinflusst ist. Z. B. Im emmetropischen Auge betrage der urchmesser des blinden Flecks 6°, das Centrum desselben stehe 15°, her sein äusserer Rand um 12°, sein innerer um 18° von der Fovea ab.

In einem Auge mit $M \frac{1}{2 \cdot 75}$ reicht der Durchmesser des blinden ecks durch 13°, das Centrum desselben steht 11·5°, sein äusserer nd 5° von der Fovea ab. Wollte man aber daraus schliessen, dass il das Centrum des blinden Flecks der Fovea näher stehe, auch der innerv der Fovea näher stehe, so wäre dies unrichtig, denn der innere nd des Sehnerven steht auch jetzt 18° von der Fovea ab, der ge-

nannte Abstand ist also keineswegs kleiner geworden. Das zweite Auge desselben Individuums zeigt $M\frac{1}{2\cdot5}$, einen Conus von 2 P. D. gerade nach aussen. Hier beträgt die Ausdehnung des blinden Flecks 18°, sein äusserer Rand steht nur noch 2°, sein Centrum 11° von der Fovea, sein innerer Rand aber 20° ab. Der Abstand zwischen Fovea und Sehnerv ist also (den gleichen anatomischen Durchmesser des Sehnerven vorausgesetzt) ein grösserer, als im emmetropischen Auge, wiewohl das Centrum des blinden Flecks der Fovea bedeutend näher steht.

Wir haben schon früher darauf aufmerksam gemacht, dass die Perimetergrade nicht den Netzhautgraden entsprechen, selbst wenn der Durchschnitt der Netzhaut kreisförmig ist und noch weniger, wenn dieser Durchschnitt einer Ellipse mit querer oder mit sagittaler grosser Axe entspricht, daher auch die Perimetergrade nicht denselben Werth für ein emmetropisches und z. B. für ein hochgradig myopisches, wenn eiförmiges Auge haben. Was die linearen Werthe anbetrifft, so ist klar, dass wenn der Bulbus bei Myopie die ursprünglich sphärische Form beibehält und die Netzhaut der Dehnung der Sclerotica entsprechend gedehnt wird, der Abstand zwischen Fovea und Centrum des Sehnerven in Perimetergraden stets derselbe bleibt, während er jeden beliebig grossen linearen Werth — man denke doch an den Radius des Perimeterbogens selbst — annehmen kann. Würde eine disproportional starke Dehnung der Sclerotica und der Netzhaut an der Stelle zwischen Macula und Opticuseintritt ohne Aenderung der sphärischen Krümmung statthaben, dann würde der Abstand in Perimetergraden wachsen, dagegen kleiner werden, falls die Dehnung der Netzhaut zwischen gelbem und blindem Fleck der Dehnung der Sclerotica nicht proportional, sondern kleiner wäre, so dass der lineare Abstand zwischen Fovea und Sehnerven dadurch, dass sich die Macula auf der Aderhaut oder mit der Aderhaut gegen den Opticus hin verschiebt, während die an der Ora serrata gelegenen Theile gedehnt werden, nicht der Dehnung der Sclerotica entsprechend zunimmt. Wird bei Verlängerung der Augenaxe die Form des Bulbus in die ellipsoidische mit sagittaler grosser Axe verwandelt, rückt dabei der Sehnerv an die innere Bulbuswand, dann ist, wie schon angeführt, aus einer Verringerung des genannten Abstandes in Perimetergraden durchaus nicht das letzgenannte Verhalten einer disproportional geringen Dehnung der Netzhaut zu erschliessen. Was den Durchmesser des blinden Flecks, abgesehen von der Vergrösserung desselben an d

Stelle des Conus, anlangt, so kann derselbe, wenn eine Dehnung der Nervenfläche bei der Dehnung des Auges stattfindet (v. Jaeger), am Perimeterbogen den gleichen Werth beibehalten, sonst müsste er wenn dies nicht geschähe, wenn der lineare Durchmesser des Nerveneintrittes derselbe bliebe, selbst bei sphärischer Dehnung kleiner werden. Wird gar durch die Dehnung des Bulbus der Nerv gleichsam um seine verticale Axe gedreht, erscheint er mit dem Augenspiegel nicht *en face*, sondern im Profil, dann wird der horizontale Durchmesser des entsprechenden Sehfelddefectes um so kleiner, falls der anatomische Durchmesser des Nerven derselbe bleibt und kann kleiner sich darstellen, wenn auch der wirkliche Nerven-Durchmesser zugenommen hätte.

Im hypermetropischen verkürzten Auge werden die linearen Werthe des emmetropischen Auges am Perimeterbogen grössere Werthe als beim emmetropischen Auge repräsentiren und Perimeterwerthe, welche solchen des emmetropischen entsprechen, zeigen im hypermetropischen Auge grössere lineare Werthe an.

Lineare Werthe aus Perimetergraden berechnen zu wollen geht desshalb nicht an, weil uns die nöthigen Berechnungsstücke fehlen. Mag man immerhin für theoretische Betrachtungen das schematische Auge in Anwendung ziehen; aber für ein individuelles Auge einzelne Werthe direct zu bestimmen, andere aber dem schematischen Auge zu entnehmen, wie ein solches Vorgehen leider noch immer allgemein gang und gäbe ist, ist zum mindesten durchaus unstatthaft, da bei den colossalen Differenzen der Axenlängen, wie sie bei Emmetropie und gleichen Graden der Ametropie thatsächlich vorkommen, die ungeheuerlichsten Berechnungsfehler im speciellen Falle eingeführt werden können.

Es folgen die Angaben über die Ausdehnung des blinden Flecks im horizontalen Durchmesser, sowie über den Abstand von dessen Centrum und von dessen innerem Rande von der Fovea für jene Fälle, für welche früher die Sehfeldbogen im äusseren Quadranten verzeichnet wurden. Die Augen wurden alle von mir ophthalmoscopisch untersucht und sind die Befunde über den Conus in der letzten Colonne der Tabelle den von Dr. Plenk gewonnenen Resultaten beigefügt.

Tabelle VI a.

Nr.	Auge	Grad der Myopie	Durchmesser des blinden Flecks	Abstand des Centrums des blinden Flecks von der Fovea	Abstand des äusseren Randes des blinden Flecks von der Fovea	Conus
1	R.	$M^1/_{30}$	6°	15·5°	18·5°	Conus fehlt
	L.	$M^1/_{24}$	6°	15·5°	18·5°	kleiner Conus
2	R.	$M^1/_{12}$	6°	15°	18°	eben nur beginnend
	L.	$M^1/_{12}$	5°	14°	16·5°	eben nur beginnend
3	R.	$M^1/_{12}$	6°	15°	18°	verbreiteter Bindegewebsring
	L.	$M^1/_{12}$	6°	15°	18°	Conus von $^1/_6$ P. D.
4	R.	$M^1/_{10}$	6°	14·5°	17·5°	Conus von $^1/_6$ P. D.
	L.	$M^1/_{10}$	6°	14·5°	17·5°	Conus von $^1/_6$ P. D.
5	R.	$M^1/_8$	7°	15°	18·5°	Conus von $^1/_4$ P. D.
	L.	$M^1/_9$	6°	15°	18°	Conus von $^1/_4$ P. D.
6	R.	$M^1/_9$	6°	15°	18°	Conus von $^1/_6$ P. D.
	L.	$M^1/_9$	6°	15°	18°	verbreiteter Bindegewebsring
7	R.	$M^1/_9$	6°	15°	18°	kleiner Conus
	L.	$M^1/_8$	6°	15°	18°	kleiner Conus
8	R.	$M^1/_9$	6°	15°	18°	Conus von $^1/_6$ P. D.
	L.	$M^1/_8$	6°	15°	18°	Conus von $^1/_6$ P. D.
9	R.	$M^1/_{6·5}$	6°	15°	18°	ganz kleiner Conus
	L.	$M^1/_4$	5°	15°	17·5°	Conusartige Atrophie nach unten innen
10	R.	$M^1/_{7·5}$	6°	16°	19°	Conus von $^3/_4$ P. D.
	L.	$M^1/_{6·5}$	6°	16°	19°	Conus von $^1/_2$ P. D.
11	R.	$M^1/_{6·5}$	6°	15°	18°	Conus von $^1/_6$ P. D.
	L.	$M^1/_{6·5}$	6·5°	15°	18·25°	Conus fehlt
12	R.	$M^1/_6$	6°	15°	18°	Conus von $^1/_2$ P. D.
	L.	$M^1/_7$	6°	15°	18°	Conus von $^1/_2$ P. D.
13	R.	$M^1/_5$	6°	14°	17°	Conus von $^1/_2$ P. D.
	L.	$M^1/_{5·25}$	6°	14°	17°	Conus von $^1/_2$ P. D.
14	R.	$M^1/_{4·25}$	5°	14°	16·5°	Conus von $^1/_6$ P. D.
	L.	$M^1/_{4·5}$	5°	14°	16·5°	Conus von $^1/_4$ P. D.
15	R.	$M^1/_4$	5°	11°	13·5°	Conus von $^1/_2$ P. D.
	L.	$M^1/_{3·25}$	6°	11°	14°	Conus von $^1/_2$ P. D.
16	R.	$M^1/_{2·75}$	5°	13°	15·5°	Sehnerv längsoval, Conus von $^1/_3$ P. D.
	L.	$M^1/_{2·75}$	6°	13°	16°	Sehnerv längsoval, Conus von $^1/_3$ P. D.
17	R.	$M^1/_{2·75}$	13°	11·5°	18°	Conus von $1^1/_4$ P. D.
	L.	$M^1/_{2·5}$	18°	11°	20°	Conus von 2 P. D.

Von den früher (pag. 453) angeführten Fällen von ungleicher Refraction beider Augen hat Dr. Plenk in Bezug auf den blinden Fleck die Fälle I, IV, VI gemessen. Es ergaben sich die entsprechenden Werthe für

Fall I. R. $M^1/_{5\cdot5}$ 7^0 $15\cdot5^0$ 19^0 Conus von $^1/_4$ P. D.
L. $M^1/_{14}$ 5^0 15^0 $17\cdot5^0$ Conus von $^1/_8$ P. D.
„ IV. R. $M^1/_{5\cdot5}$ 6^0 14^0 17^0 Conus nach unten aussen von 1 P. D.
L. E 5^0 14^0 $16\cdot5^0$ Kein Conus.
„ VI. R. $M^1/_{3\cdot75}$ 7^0 $15\cdot5^0$ 19^0 Papille schiefgestellt, Conus von 2 P. D.
L. E 6^0 15^0 18^0 Kein Conus.

Wir wollen zunächst die Resultate für die hochgradig hypermetropischen Augen hieher setzen, die früher in Betreff des Sehfeldes berücksichtiget wurden.

Tabelle VI b.

Nr.	Auge	Grad der Hypermetropie	Durchmesser des blinden Flecks	Abstand des Centrums des blinden Flecks von der Fovea	Abstand des äusseren Randes des blinden Flecks von der Fovea	
1	R.	$H^1/_{12}$	6^0	15^0	18^0	
	L.	$H^1/_{12}$	6^0	15^0	18^0	
2	R.	$H^1/_7$	6^0	$12\cdot5^0$	$15\cdot5^0$	
	L.	$H^1/_7$	6^0	$12\cdot5^0$	$15\cdot5^0$	
3	R.	$H^1/_{5\cdot5}$	6^0	15^0	18^0	
	L.	$H^1/_{7\cdot5}$	6^0	15^0	18^0	
4	R.	$H^1/_{5\cdot33}$	6^0	15^0	18^0	
	L.	$H^1/_8$	6^0	$15\cdot5^0$	$18\cdot5^0$	
5	R.	$H^1/_8$	6^0	15^0	18^0	
	L.	$H^1/_4$	6^0	15^0	18^0	
6	R.	$H^1/_{3\cdot5}$	6^0	14^0	17^0	
	L.	$H^1/_{3\cdot5}$	6^0	14^0	17^0	

Wiewohl Fall 4 und 5 Refractionsdifferenzen beider Augen, letzter von $^1/_8$ zeigt, so sei doch noch der 23jährige Kolb erwähnt, dessen rechtes Auge E und geringen Astigmatismus, dessen linkes Auge neben Astigmatismus Augenspiegelhypermetropie $\frac{1}{6\cdot5}$ und Strabismus divergens zeigt. In beiden Augen misst der blinde Fleck 6^0 und steht dessen Centrum 16^0 von der Fovea ab.

Die eben angeführten Resultate stimmen wenig mit den Befunden Landolt's und Dobrowolsky's. In der Tabelle der Myopen von Fall 1—12, in welcher Myopie der verschiedensten Grade von $M^1/_{30}$ bis $M^1/_4$

verzeichnet ist, lässt sich nicht in Perimeterwerthen (und daher thatsächlich um so weniger) eine Verringerung des Abstandes der Fovea vom Centrum des blinden Flecks nachweisen. Dieser Abstand beträgt zumeist 15°, sinkt bis auf 14° und steigt bis auf 16°, hält sich demnach innerhalb der für das emmetropische Auge giltigen Grenzen. Was die Ausdehnung des blinden Flecks anlangt, so lässt sich eine Vergrösserung desselben in Perimetergraden, also im Raume (mit Ausnahme des Falles 5 R.) durchaus nicht constatiren, und es erhellt aus den Werthen deutlich, dass da, wo ein Conus von irgend wie nennenswerther Ausdehnung sich findet, die Netzhaut über demselben gar nicht oder vielleicht nur in einem schmalen, dem Opticus angrenzenden Theile die Empfindlichkeit gegen das vom weissen Quadrate kommende Licht eingebüsst hat. Eine Schiefstellung des Sehnerven war in allen diesen Fällen nicht zu constatiren. Bemerkenswerth ist, dass im Fall 2 bei gleicher Myopie und gleicher beginnender Conusbildung der Durchmesser des blinden Flecks und auch der Abstand seines Centrums von der Fovea um 1° differirt, was auf einen angebornen Bauunterschied der Augen hindeutet; dass im Fall 5 an dem rechten Auge mit etwas höherer Myopie, ohne dass aber mit dem Spiegel eine vorgeschrittenere Conusbildung hätte constatirt werden können, (das einzige Mal) eine Vergrösserung des blinden Flecks, gleichzeitig eine geringe Abrückung des inneren Sehnervenrandes von der Fovea vorkommt; dass im Falle 11 bei gleicher Myopie beider Augen der blinde Fleck in dem Auge, welches keinen Conus zeigt, etwas grösser ist, als in dem anderen Auge mit kleinem Conus; dass in den übrigen Fällen, auch wenn (etliche nicht bedeutende) Differenzen im Grade der Myopie beider Augen sich finden, diese Differenzen in Perimeterwerthen für blinden Fleck und dessen Abstand von der Fovea nicht hervortreten.

Die Fälle 13 und 14 mit dem Abstandswerthe von 14°, welcher relativ kleine Abstand in diesen Fällen wahrscheinlich schon eine bestimmte Bedeutung hat, machen den Uebergang zu den letzten drei Fällen, in welchen das Centrum des blinden Flecks der Fovea auffallend nahe steht, doch muss da Fall 15 und 16 von 17 wohl unterschieden werden. Denn in diesem letzteren ist die Kleinheit des betreffenden Perimeterwerthes nur durch die Vergrösserung des blinden Flecks bedingt, der innere Rand des Sehnerven zeigt einen Abstand von 18°, resp. 20° von der Fovea. Im Fall 15 und 16 ist der blinde Fleck nicht vergrössert, die Verkleinerung des Abstandes zwischen dessen Centrum und der Fovea drückt sich ebenso in den Abstandswerthen *des inneren* Nervenrandes von der Fovea aus. Zwar ist bei Fall 16

ngemerkt, dass der Sehnerv längsoval erscheint, doch ist in Betreff ieser Verhältnisse Folgendes zu bemerken: Es lässt sich nicht läug- ien, dass bei hochgradiger Myopie, auch wenn der Sehnerv voll- ommen *en face* gesehen wird, das Perimeter kleinere Werthe ür die Entfernung des blinden und gelben Flecks ergibt, als sie in mmetropischen Augen vorkommen, doch nur in jenen Fällen, in elchen der blinde Fleck nicht vergrössert ist. Im Fall 17 ist ler Perimeterwerth nicht kleiner, für das linke Auge sogar entschie- len grösser; hier ist aber der blinde Fleck der Grösse des Conus ent- prechend vergrössert. Das fand ich auch in anderen Augen, in denen ler blinde Fleck vergrössert war, z. B. sehen Sie da ein Individuum nit $M^1/_5$ und Conus nach aussen, in dessen rechtem Auge der blinde Fleck vom 9. bis 18., im linken vom 10. bis 19. Grade reicht. Der Abstand zwischen Fovea und Sehnerv hat, wie aus dem Abstande des nneren Nervenrandes von der Fovea ersichtlich ist, durchaus nicht bgenommen. Dasselbe wird auch ersichtlich aus den Werthen, die sich ür die drei oben angeführten Individuen mit bedeutender Refractions- ifferenz ergaben. In allen drei Fällen ist eine Vergrösserung des blinden Flecks, wenngleich im 2. und 3. durchaus nicht proportional der Grösse les Conus nachzuweisen, und es ist interessant da festzustellen, dass der innere Nervenrand in dem stark myopischen Auge selbst in Peri- metergraden weiter von der Fovea absteht, als im schwach myopi- schen, resp. emmetropischen Auge. Ich kann für dieses verschiedene Verhalten keinen anderen möglichen Grund auffinden, als den, dass da, wo eine der Dehnung der Sclerotica entsprechende Dehnung der Netz- haut an der Stelle des Conus stattfindet, dies in der Vergrösserung des blinden Flecks einerseits und anderseits in dem in Graden nicht abnehmenden oder sogar zunehmenden Abstande zwischen Fovea und Opticus zum Ausdrucke kommt, während in jenen Fällen, in welchen die Netzhaut an der Stelle des Conus sich der Dehnung entzieht, ein Umstand, der sich dadurch kundgibt, dass der blinde Fleck nicht ver- grössert erscheint, dies dadurch ermöglicht wird, dass die Macula sich gleichsam gegen den Sehnerven hin über der Aderhaut verschiebt, d. h. factisch ihren Ort nicht ändert, während die Sclerotica gedehnt wird, so dass der lineare Abstand zwischen Macula und Opticus nicht in einer der Dehnung der Lederhaut entsprechenden Weise zunimmt. Das Letztere aber müsste geschehen, damit die Perimeterwerthe sich nicht ändern. Das Kleinwerden der Perimeterwerthe zeigt nicht etwa n, dass die Macula dem Sehnerven thatsächlich näher rückt, sondern ur, dass die Netzhaut nicht proportional der Sclerotica gedehnt wird.

Wir werden nicht fehlgehen, wenn wir aus den bei Myopie gewonnenen Resultaten den Schluss ziehen, dass bei beginnender Axenverlängerung (indem wir immer festhalten, dass die Macula lutea selbst nicht gedehnt wird) die Netzhaut zwischen Macula und Sehnerv, ohne aber zunächst die Lichtempfindlichkeit zu verlieren, an der Dehnung theilnimmt, so dass der Abstand zwischen Macula und Opticus am Perimeter ungeänderte Werthe zeigt; dass dann später beim Fortschreiten der Axenverlängerung die Dehnung der Netzhaut entweder mit der Dehnung der Sclerotica gleichen Schritt hält, was sich in Vergrösserung des blinden Flecks und dadurch kundgibt, dass das Perimeter uns für den oftgenannten Abstand noch immer gleiche oder grössere Werthe zeigt, oder aber, dass die Netzhaut sich der weiteren Dehnung dadurch entzieht, dass die Macula ihren Ort nicht mehr ändert, dadurch die Netzhautpartie über dem Conus vor Erblindung bewahrt wird und am Perimeter das Centrum des blinden Flecks dem Fixationspunkte näher gerückt erscheint.

Ehe wir uns mit den Befunden an hypermetropischen Augen beschäftigen, sei noch gefragt, ob die Vergrösserung des blinden Flecks, wie sie in myopischen Augen eintreten kann, als Defect im Sehfelde zur Wahrnehmung kommt. Die normale blinde Stelle im Gesichtsfelde wird bekanntlich nicht gesehen, ebenso kann der blinde Fleck bei Myopie eine bedeutende Vergrösserung bis zu 10^0 im Durchmesser erfahren, ohne die Continuität des Sehfeldes zu unterbrechen. Ein sehr grosser Defect jedoch, wenn also der blinde Fleck der Fovea sehr nahe gerückt ist, wie z. B. im Fall 17, wird von dem Betreffenden direct als Scotom, welches nach aussen vom fixirten Objecte liegt, wahrgenommen. Bei binoculärem Sehacte wird das Blindenfleck-Scotom des Einen Auges vom Gesichtsfelde des anderen Auges gedeckt. Da aber die hochgradigen Myopen, um die es sich hier handelt, in der Nähe nur mit Einem Auge sehen, so wird das Scotom merkbar, stört aber in sehr verschiedener Weise, je nachdem das rechte oder linke Auge zum Lesen und Schreiben verwendet wird. Es stört nicht beim Lesen, wenn das linke Auge gebraucht wird, indem es das bereits Gelesene deckt, dagegen wird es, falls es bis nahe zum Fixirpunkt reicht, im höchsten Grade störend, wenn nur das rechte Auge noch verwendet werden kann, weil nunmehr das zu Lesende vom Scotom gedeckt wird.

Den Durchmesser des blinden Flecks und dessen Mitte-Abstand von der Fovea im hypermetropischen Auge anlangend, so ist zuerst zu bemerken, dass ich bei schwachen Hypermetropen mich von einer *constanten* Zunahme des letzten Werthes nicht überzeugen konnte. Es

kommen ein paar Werthe von 17°, aber auch solche von 15° und 14° vor; bei hochgradiger Hypermetropie scheinen grosse Werthe gar nicht vorzukommen, wohl aber finden sich, wie im Fall 2 auf Tab. VI b, mitunter auffallend kleine Werthe, welche also, da schon die gleichen Perimeterwerthe einen geringeren Linearwerth im hypermetropischen Auge vorstellen, besonders kleinen linearen Werthen entsprechen. Anderseits zeigt der Durchmesser des blinden Flecks von 6° an, dass der Opticus im hypermetropischen Auge durchaus keinen geringeren anatomischen Durchmesser hat, als im emmetropischen. Bei Refractionsdifferenz beider Augen können gleiche Perimeterwerthe erscheinen, denen jedoch ein verschiedener linearer Werth zukommt.

Inwieferne der Winkel zwischen Gesichtslinie und Hornhautmitte sich zum Abstand der Fovea vom Sehnerven verhält, werden wir in einer späteren Vorlesung erörtern.

Das Auftreten eines Defectes im Sehfelde bei sehr bedeutenden Vergrösserungen des blinden Flecks im hochgradig myopischen Auge leitet uns hinüber zu den pathologischen Functionsstörungen, welche sich im ametropischen Auge einstellen können.

Diese eigentlichen pathologischen Functionsstörungen, welche zum Wesen der Ametropie nicht gehören, können in Vorlesungen, welche die Lehre von den optischen Fehlern allein behandeln, keine ausführliche Darlegung erwarten, und diess um so weniger, als, falls wir uns in diesen Gegenstand vertiefen wollten, wir einen nicht unbeträchtlichen Theil der Pathologie des Auges abhandeln müssten. Wir wollen daher das Nöthige nur kurz anführen und zunächst bei den Mouches volantes, den sog. fliegenden Mücken verweilen, welche das myopische Auge mehr als das emmetropische und hypermetropische belästigen können. Die fliegenden Mücken als solche bieten im einfach kurzsichtigen Auge keine anderen Formen dar, wie im emmetropischen. Es sind dieselben lichten kleinen Kreise, isolirt oder in Haufen oder Schnürchen aneinandergereiht, oder in Fäden verschlungen, welche im Gesichtsfeld von oben nach unten sich bewegen, beim Heben des Blickes aufsteigen, um gleich wieder zu sinken, herrührend von mikroscopischen, nahe der Netzhaut gelegenen Glaskörperformationen. Der Myop sieht diese Trübungen desshalb besser als der Emmetrop, weil die Bedingungen für entoptisches Sehen bei ihm, so lange er keine Gläser trägt, allezeit in einem gewissen Maasse gegeben sind. Wenn ich in eine einige Fuss entfernte Lichtflamme blicke, so sehe ich die Flamme als solche noch ganz gut, nur dass sie statt einer mehrere

Spitzen trägt, aber vor der Flamme treiben nun jene zarten lichten Kreise ihr Spiel. Es wird ein Flammenbild vor der Netzhaut entworfen. Dieses Bild ist, wenn es nur sehr wenig von der Netzhaut absteht, zwar ein sehr unvollkommenes Centrum homocentrischen Lichtes, aber doch dazu ausreichend, dass die sich durchkreuzenden Strahlenkegel von den unmittelbar vor der Netzhaut gelegenen Glaskörpertrübungen zum Theil intercipirt werden. Wenn ich gegen eine gleichmässig beleuchtete helle Fläche, z. B. aus dem Hintergrunde des Zimmers durchs Fenster nach einer gegenüberstehenden, von der Sonne beleuchteten Wand blicke, so kommt es zu einem im Brennpunkt des dioptrischen Systems gelegenen kreisförmigen Lichtbilde, welches wenngleich die Pupille dabei relativ enge ist, doch noch wegen seiner Grösse von dem Ideal eines homocentrischen Leuchtpunktes weit entfernt ist, aber anderseits wiederum zum Hervortreten der Mouches volantes genügt. Dass beim Blicke in eine entfernte Lichtquelle von geringem Durchmesser die günstigen Bedingungen für entoptisches Sehen überhaupt gesetzt sind, sobald das Auge einen gewissen Grad von Myopie zeigt, und dass hiebei auch die Mouches volantes im entoptischen Felde erscheinen, haben wir schon früher erörtert. Das Mückensehen des Myopen kann in Folge dessen auf jenes Maass, wie es im emmetropischen Auge sich zeigt, einfach dadurch zurückgeführt werden, dass der Myop die neutralisirende oder wenigstens die für die jeweilige Objectlage corrigirende Concavbrille trägt. In der That, wenn ich meine corrigirende Concavbrille aufsetze, sind die Mouches volantes verschwunden und nur bei starker Verengerung der Pupille, also beim Blick gegen eine grellbeleuchtete Fläche, sehe ich etwas davon in der Weise, wie ja auch der Emmetrop unter solchen Umständen sich von ihrer Existenz überzeugen kann. Es ist ebenso klar, dass der unbewaffnete Myop in seiner deutlichen Sehweite nichts von den fliegenden Mücken wahrnimmt, da ja deren Hervortreten im Allgemeinen durch das Entstehen eines Leuchtbildes vor der Netzhaut bedingt ist.

Im hypermetropischen Auge, das Accommodation besitzt, sind die Bedingungen für das auffallende Hervortreten der Mouches volantes nicht in der Art wie für Myopie desselben Grades gegeben. Allein bei sehr hochgradiger Hypermetropie, besonders bei Aphakie, treten ganz ähnliche, durch Convexgläser corrigirbare Momente auf.

Reizerscheinungen können das Bild der Ametropie complíciren. Wir haben schon früher gehört, dass in manchen Fällen von Hypermetropie die asthenopischen Beschwerden durch Convexgläser *nicht* zum Verschwinden gebracht werden, sondern unverändert als

solche fortbestehen. Wir müssen da einen Reizzustand der Netzhaut supponiren, durch welchen die Erscheinungen der accommodativen Asthenopie auch nach Beseitigung der accommodativen Ursache erhalten werden. Häufiger sind Reizzustände in myopischen Augen, aber wohlgemerkt, weder der Accommodationskrampf noch die Störung des Gleichgewichtes der äusseren Augenmuskeln muss eo ipso mit Reizzuständen, die wir gleich definiren wollen, verbunden sein. Dieselben können aber bei allen Formen progressiver und auch bei stationärer Myopie auftreten, besonders wenn die Augen durch einige Zeit stärker angestrengt wurden. Mit wirklicher Asthenopie in der diesem Worte zukommenden umschriebenen Bedeutung hat der in Rede stehende Reizzustand keine Aehnlichkeit, denn bei dem letzteren sind die Augen, auch wenn nicht gearbeitet wird, nicht schmerzfrei. Ein unangenehmes drückendes Gefühl, das nicht selten zu wirklicher Schmerzhaftigkeit sich steigert, lässt den Kranken nie vergessen, dass er Augen hat. Bei der Nahearbeit steigert sich die Unbehaglichkeit oder Schmerzhaftigkeit sofort; es kann aber die Arbeit unter diesen unangenehmen Empfindungen doch, wenn auch mit kleinen Unterbrechungen, lange fortgesetzt werden. Wie viele Myopen arbeiten nicht in diesem Zustande jahraus jahrein! Manchmal aber steigern sich die Beschwerden so, dass wenigstens feinere Arbeiten nicht mehr geleistet werden können. Diese höheren Stadien des Reizzustandes sind es, welche dem Arzte zumeist unterkommen. Er findet ausser herabgesetzter Sehschärfe nicht selten deutliche Empfindlichkeit des Ciliarkörpers bei der Berührung, sowie immer geröthete Sehnerven, deren Grenzen häufig verwaschen, nebst stärkerer Schlängelung und Verbreiterung der Netzhautvenen. Ob eine wirkliche Erhöhung des intraoculären Druckes unter solchen Umständen constatirbar ist, scheint mir zweifelhaft.

Bei diesem Zustande kann nun auch störendes Mückensehen, also eine krankhafte Myodesopsie sowie Photopsie sich einstellen. Das erstere Symptom deutet uns eine pathologische Vermehrung der Glaskörperformationen an, wenngleich dieselben noch zu zart und zu klein sind, um mit dem Spiegel wahrgenommen zu werden; die Photopsie, die mit Myopie als solcher ebensowenig wie mit Emmetropie in ursächlichem Zusammenhange steht, zeigt uns an, dass die empfindende Schicht der Netzhaut durch beginnende chorioideale Processe zu leiden anfängt.

Wir sind bei den schweren Erkrankungen angelangt, welche im myopischen Auge als Folge übermässiger Dehnung der Augenhäute sich entwickeln können. Vom hypermetropischen Auge ist nicht bekannt, dass der Baufehler, wiewohl er die Augen oft zu

unerhörten Anstrengungen nöthigt, die Ursache schwerer Erkrankungen würde. Nur zum Einstellen jeder Nahearbeit führt schliesslich der höchste Grad der Asthenopie.

Die Secundärerkrankungen des myopischen Auges betreffen den Glaskörper und die Chorioidea nebst den äusseren Netzhautschichten. Der erstere wird verflüssigt und von mehr oder weniger mächtigen membranartigen und flockigen Trübungen durchsetzt; die Aderhaut erkrankt unter der Form der Chorioiditis disseminata oder serosa. Die Chorioiditis disseminata nimmt ihren Anfang von der Umgebung des Sehnerven und des Conus und breitet sich von da weiter gegen die Peripherie aus, oder die Erkrankung beginnt an der Stelle der Macula lutea und kann sich auch vorwaltend auf diese letztere beschränken. Die seröse Chorioiditis macht sich kenntlich durch die Erscheinungen der stellenweisen Zerstörung des Pigmentepithels und der Pigmentverschiebung und kann zum schlimmsten Ausgange, zum Glaskörperschwund und damit zur Netzhautablösung führen. Im Verlaufe der Chorioiditis bildet sich nicht selten periphere Cortical- und hintere Polarcataract. Detaillirt wurden die ophthalmoscopischen Befunde der genannten Erkrankungen ebenso wie ihr Causalnexus mit Myopie in der Augenspiegellehre besprochen [1]).

Die Störung, welche das Sehvermögen unter solchen Umständen durch das Uebergreifen des Processes auf die Stab- und Zapfenschicht der Netzhaut oder durch Ablösung der letzteren Membran erleidet, betrifft, abgesehen von dem behindernden Einflusse, den Glaskörperflocken und Glaskörpermembranen als solche üben, und abgesehen von der Photopsie, welche alle Leiden der Stab- und Zapfenschicht begleiten kann, das centrale und periphere Sehen.

Das letztere, das periphere Sehen, leidet in wenig auffallender Weise, solange keine Netzhautablösung besteht. Es handelt sich mit Ausnahme des seltenen Scotoms an der Stelle des blinden Flecks, um inselförmige Ausfälle des Gesichtsfeldes, welche den umschriebenen Aderhautherden ungefähr entsprechen, aber fast nie unmittelbar vom Patienten empfunden, sondern nur durch genaue perimetrische Messung des Gesichtsfeldes constatirt werden. Jedoch können die veränderten Stellen noch durchwegs Lichtperception besitzen, ebenso wie die abgelöste Netzhaut häufig noch nicht blos im hellen Tageslichte, sondern auch bei herabgesetzter Beleuchtung Licht empfindet.

[1]) S. Ophthalmoscopie pag. 388, 394, 430, 431, 434. 452.

Das centrale Sehen kann zunächst einfach durch Abnahme der centralen Sehschärfe leiden, ohne dass dabei besondere Erscheinungen hervortreten würden. Der deletäre Einfluss, den eine partielle Netzhautablösung auf das Sehvermögen ausübt, beruht nicht in einem Ausfalle des peripheren Sehfeldes, der ja, wie so eben erwähnt, häufig gar nicht eintritt, sondern in der Functionsstörung der Macula lutea, auch wenn diese nicht sichtbar abgelöst ist. Ebenso kann durch irgend einen retino-chorioidealen Process die centrale Sehschärfe einfach immer mehr und mehr herabgesetzt werden. Nur manchmal beobachtet man mit der Abnahme der centralen Sehschärfe noch eine eigenthümliche Erscheinung, ein centrales Scotom nämlich, in welchem die Objecte nicht in ihrer wirklichen Gestalt, sondern verzogen, verzerrt gesehen werden. Diese sogenannte Metamorphopsie kann einen doppelten Grund und damit eine doppelte Erscheinung haben. Es kann durch eine Retinitis circumscripta, an der Stelle der Macula lutea circumscript beginnend mit einem Blutextravasat, in welchem ein kohlschwarzer runder oder ovaler Fleck sich entwickelt und bis zur Grösse von $1^1/_2$ bis 2 Papillen wachsen kann, um später sein Pigment zunächst im Centrum, schliesslich wohl auch gänzlich zu verlieren, so dass an Stelle des schwarzen Flecks ein schwarzer Ring mit heller Mitte oder ein in toto lichter Fleck zurückbleibt — es kann, sage ich, durch einen solchen Process, wie ihn Förster beschrieben hat, zur Schrumpfung der Netzhaut an der Stelle des gelben Flecks kommen — oder aber es kann durch ein zwischen Chorioidea und Netzhaut abgelagertes Exsudat der gelbe Fleck oder der centrale Theil desselben nach vorn getrieben, und dabei so weit vorgewölbt werden, dass der convexe Hügel jetzt eine grössere Oberfläche darbietet, als die normal anliegende concav gekrümmte Stelle einnahm, die Vorwölbung der Retina also mit Dehnung der Membran einherging. In beiden Fällen wird Metamorphopsie eintreten, die sich dadurch kundgibt, dass gerade Linien in der Nähe des fixirten Punktes gekrümmt erscheinen. Betrachtet man z. B. ein System von horizontalen Parallellinien und blickt man nach der mittleren dieser Linien, so erscheinen die geraden Linien, welche im peripheren Gesichtsfelde als gerade und parallel verlaufen, in der Nähe der Fixationsstelle gebogen, und zwar wenden sie alle einer centralen Stelle die Concavität zu, die über dem Fixationspunkte gelegenen sind also nach oben, die unter demselben liegenden nach unten convex, falls Schrumpfung im centralen Netzhauttheile eingetreten ist (Förster), während die gleichen Linien im centralen Sehfelde alle dem Centrum die Convexität zukehren, die oberen demnach nach

oben concav, die unteren nach unten concav sind, falls die Macula lutea für sich eine Dehnung erfuhr (O. Becker). Hat sich die Macula lutea oder ein Theil derselben gegen einen central gelegenen Punkt durch Schrumpfung zusammengezogen, so wird jetzt das Bild eines Objectes *a* auf eine grössere Zahl von Zapfen fallen, als dies vor der Erkrankung der Fall war, es wird eine Zapfenzahl decken, welche vor der Erkrankung von dem Bilde eines grösseren Objectes *b* gedeckt wurde. Das erkrankte Auge schätzt desshalb das Object *a* so gross, wie jenes Object *b*, dessen Bild vor der Erkrankung der Netzhaut die gleiche Zapfenzahl deckte, und es wird das Object *a* um so grösser geschätzt, um so grösser gesehen, je geschrumpfter die Netzhautpartie ist, auf welche sein Bild fällt. Fixirt also ein Auge mit Retinitis circumscripta den Zwischenraum zwischen zwei geraden parallelen Linien, so erscheinen diese, solange ihre Bilder ausserhalb der geschrumpften Stelle liegen, gerade und parallel; im Bereiche der Schrumpfung wird aber ihr gegenseitiger Abstand um so grösser erscheinen, je geschrumpfter die Stelle ist, auf welche ihr Bild fällt. Ist die Schrumpfung im Centrum des Erkrankungsherdes am grössten, so wird der gegenseitige Abstand der Linien daselbst am grössten sein und beiderseits allmälig gegen den Rand des Herdes abnehmen, die zwei Linien werden daher im centralen Theile des Gesichtsfeldes nicht gerade und parallel verlaufen, sondern einander eine Concavität zukehren. Dass bei Dehnung einer umschriebenen centralen Netzhautpartie zwei solche Linien unter denselben Umständen einander eine Convexität zuwenden werden, kann durch ein ganz analoges Raisonnement leicht abstrahirt werden. Wird ein Object, dessen Bild ganz innerhalb der veränderten Partie liegt, angesehen, so wird es bei Netzhautschrumpfung grösser, bei Netzhautdehnung kleiner erscheinen, der Metamorphopsie liegt eben entweder centrale Megalopsie oder centrale Micropsie zu Grunde.

Die auf centraler Netzhaut-Schrumpfung beruhende Metamorphopsie wurde von Förster im myopischen Auge als Symptom der Retinitis circumscripta beschrieben, dabei auch angegeben, dass, abgesehen davon, dass die Schriftzeilen eine bogenförmige Krümmung in der Gegend der fixirten Stelle zeigen und eine Anzahl Buchstaben schief gestellt ist, einige Buchstaben auch verlängert erscheinen.

Die andere Form, erzeugt durch eine partielle Netzhautdehnung, ist sicherlich auch bei Myopie zu finden, da circumscripte centrale Exsudate bei Myopie mit Chorioiditis vorkommen können, ja sogar umschriebene centrale Netzhautablösung mit erhaltener Function beobachtet ist (*Horner*). Wir haben schon früher, ohne Bezug auf Myopie, die Be-

obachtung v. Jäger's [1]) angeführt, dass unter solchen Umständen im Allgemeinen die Objecte im Centrum kleiner und entfernter erscheinen, und O. Becker constatirte die der Netzhautdehnung entsprechende Form von Metamorphopsie gerader Linien in einem Falle von Retinitis leukaemica, in welchem die Macula lutea durch ein mächtiges Nest weisser Blutkörperchen vorgedrängt war, sowie das gleiche bei Retinitis syphilitica zu beobachtende Phänomen von Förster analysirt wurde. In einem Falle von hochgradiger Myopie und Metamorphopsie, den ich eben beobachte, erscheinen dem rechten Auge bei Betrachtung verticaler Parallellinien die vom Fixationspunkte nach rechts gelegenen Linien sämmtlich nach links (gegen den Fixirpunkt) convex gebogen, während die links gelegenen Linien keine deutliche Krümung aufweisen. Der Augenspiegel zeigt ganz entsprechend einen schwarzen Pigmentfleck, welcher von innen her in die Macula hineinreicht.

Da die geschrumpfte oder gedehnte Partie der Macula lutea nicht normal fungirt, so ist die Metamorphopsie begleitet von einem centralen Scotom. Der graue Nebel, über den die Kranken an der Stelle des directen Sehens bei Retinitis circumscripta klagen, kennzeichnet sich nach Förster dadurch, dass die Umrisse der Objecte verwaschen, die Buchstaben weniger schwarz sind, wohl auch einzelne Buchstaben deutlicher zwischen ihren verwaschenen Nachbarn hervortreten. Mit der Vergrösserung des schwarzen Flecks in der Macula kommt es dann übrigens zu einem wirklichen Defecte im centralen Gesichtsfelde, welcher über den Fixationspunkt selbst sich verbreiten kann. Auf diese Art kann das centrale Sehen schliesslich aufgehoben werden, während die Peripherie der Netzhaut normal fungirt und demnach das Orientirungsvermögen nicht gestört ist. Bei allen Erkrankungen der lichtpercipirenden Schichte der Netzhaut ist der Lichtsinn bedeutend herabgesetzt, daher ist auch das Sehvermögen der an centraler Retinitis Leidenden viel schlechter bei schwacher Beleuchtung, wiewohl andererseits helles Licht Blendungserscheinungen hervorruft, die Retina überhaupt rasch ermüdet (Förster). Die mit centralem Scotom Behafteten klagen auch mitunter über eine gewisse Unstetheit, ein Flimmern der fixirten Objecte. „Die Klage über das Flimmern," sagt Donders, „ist allein dem Umstande zuzuschreiben, dass die Buchstaben bei leichten Bewegungen des Auges ihr Netzhautbild abwechselnd auf empfindliche und unempfindliche Stellen entwerfen, so dass dasselbe fortwährend kommt und geht, manch-

[1]) S pag. 255.

mal mit einer Gestaltveränderung, welche dann der unregelmässigen Verschiebung der empfindenden Elemente entspricht.“ Diese Erklärung will mir nicht recht einleuchten. Da der Gesichtseindruck eine bestimmte, ja für den vorliegenden Fall sehr lange Zeit anhält, so wird, falls im ersten Momente ein Buchstabe auf einer empfindenden Stelle, im zweiten Momente auf einer unempfindlichen, im dritten aber wieder auf der empfindlichen abgebildet wird, dieser Buchstabe ununterbrochen und gleich deutlich erscheinen müssen.

Von jenen Erkrankungen, welche mit Myopie im Connex stehen, ist es im Allgemeinen nur die Netzhautablösung, welche, bis zu einem bestimmten Grade vorgeschritten, das Auge der gänzlichen (centralen und peripheren) Erblindung zuführt oder doch das Sehvermögen auf Lichtempfindung reducirt.

Nachdem wir jene Verhältnisse bei Ametropie erörtert, welche sich auf die Function der Netzhaut in ihrem centralen und pheripheren Theile beziehen, haben wir noch dem Accommodationsapparate und den äusseren Augenmuskeln unsere Aufmerksamkeit zu widmen.

Wie die relativen Accommodationsbreiten der unbewaffneten und bewaffneten ametropischen Augen sich verhalten, wie der Asthenopie der hypermetropischen Augen die Bedeutung der accommodativen zukommt, wie der Accommodationsapparat bei Hypermetropie während des Sehactes nicht zur Entspannung kommt, wie endlich in gedehnten Augen wirklicher (das Sehen nicht fördernder) Accommodationskrampf sich entwickelt, das Alles hat uns bereits zu eingehenden Erörterungen veranlasst. An dieser Stelle haben wir daher zunächst nur ein paar Worte über die absolute Accommodationsbreite des ametropischen Auges vorzubringen. Donders hat durch Rechnung gefunden, dass der gleichen Veränderung der Linse bei längerer Augenaxe ein geringerer, bei kürzerer hingegen ein grösserer Werth zukommt, desshalb unter übrigens gleichen Umständen das myopische Auge eine geringere, das hypermetropische eine grössere absolute Accommodationsbreite aufweisen wird. Da ferner im myopischen Auge die Linse gewöhnlich weiter von der Cornea absteht als im hypermetropischen, die Krümmungszunahme der Linsenflächen aber die Brennweite des gesammten dioptrischen Apparats umsoweniger verkürzt, je weiter die Linse hinter der Hornhaut gelegen ist, so ergibt sich dadurch ein zweites Moment, um $\frac{1}{A}$ bei Myopie kleiner als bei *Hypermetropie* werden zu lassen. Diese Differenzen sind aber so gering,

dass sie nur theoretische Bedeutung haben. „Wenn wir" heisst es bei Donders „nun trotzdem bei Myopen eine grössere Accommodationsbreite finden, als bei Hypermetropen, so kann das augenscheinlich nur darin seinen Grund haben, dass jene eine viel umfangreichere Veränderung mit ihrer Linse vornehmen können, als diese". Ich glaube aber nicht, dass wir diesen letzteren Schluss zu ziehen genöthigt sind und zwar desshalb nicht, weil die Prämisse nicht erwiesen ist. Es ist nämlich durchaus nicht erwiesen, dass Myopen stärker accommodiren können als Hypermetropen. Im Gegentheil, das Entgegengesetzte dürfte richtig sein. Dass man bei Hypermetropie die Accommodationsbreite zu gering schätzt, rührt daher, weil man aus dem Grade der manifesten Hypermetropie einen unrichtigen Schluss auf den der totalen zieht, die letztere nämlich zu gering veranschlagt. Die Spiegelprüfung zeigt, wie selbst bei Individuen, die in den zwanziger Jahren stehen und bei denen die Hypermetropie noch latent oder nur in sehr geringem Maasse manifest ist, hochgradige Hypermetropie ($H^1/_{12}$ und weit darüber) bestehen kann. Andererseits lässt sich bei Myopen eine besondere $\frac{1}{A}$ durchaus nicht nachweisen. Bei hochgradiger Myopie und während rascher Progression der Kurzsichtigkeit scheint die absolute Accommodationsbreite sogar gewöhnlich herabgesetzt zu sein. Es sei erwähnt, dass die Befunde Iwanoff's in Betreff des Baues des Ciliarmuskels des hypermetropischen und myopischen Auges, so anatomisch interessant sie sind, uns keinen Schluss auf die Totalwirkung des Muskels bei Ametropie gestatten. Es ist begreiflich, dass man Iwanoff's Befunde *cum grano salis* aufzunehmen, d. h. sich vorzustellen habe, dass nur bei extremen Graden der Ametropie solche Differenzen im Baue des Muskels und auch da nicht immer aufzufinden seien, daher aus denselben ein allgemeiner Schluss auf die Wirkung des Ciliarmuskels bei Ametropie nicht gezogen werden kann. Aber selbst, wenn die Abweichung im Baue des Ciliaris eine constante wäre, liesse sich aus der anatomischen Structur dennoch nicht erkennen, ob der Muskel im hypermetropischen oder im myopischen Auge eine stärkere Wirkung entfaltet. Im hypermetropischen Auge sind die Cirkelfasern mächtig, die meridionalen Fasern dagegen nur schwach entwickelt; die von aussen nach innen wirkende Componente des Muskels daher relativ gross, die in der Richtung von rückwärts nach vorn wirkende klein. Im myopischen Auge fehlen zwar die Cirkelfasern ganz oder theilweise, aber dafür sind die meridionalen in besonderem Grade hervortretend, das Grössenverhältniss der beiden Muskelcom-

ponenten ist geändert, aber dass die Resultirende in letzterem Falle kleiner sei, als im ersteren, dass die Gesammtwirkung, welche der Ciliarmuskel auf die Erschlaffung der Zonula Zinnii im myopischen Auge ausübt, gegen jene, welche ihm im hypermetropischen Auge zukommt, nachstehen müsse — scheint mir aus dem Baue des Muskels nicht direct hervorzugehen, wenngleich die Erfahrung dafür spricht.

Was die Aenderung der absoluten Accommodationsbreite durch Gläser anlangt, so hat Donders berechnet, dass Concavgläser dieselbe vergrössern, während sie durch Convexgläser verkleinert wird, d. h. dass Myopen mit freiem Auge eine kleinere $\frac{1}{A}$ als mit Concavgläsern haben, bei Hypermetropen dagegen durch die Anwendung von Convexgläsern $\frac{1}{A}$ thatsächlich verkleinert wird. Der Umstand, dass man die Gläser nicht in den Knotenpunkt des Auges stellen kann, sondern ein bestimmter Abstand zwischen optischem Centrum des Glases und des Auges besteht, ist die Ursache dieses Verhaltens.

Noch sei erwähnt, dass die schon längst bekannte und von Schirmer näher untersuchte Thatsache, dass bei gehobener Blickebene für eine bestimmte Convergenz weniger, als bei gesenkter Blickebene accommodirt wird, sich von Augen mit Myopie mittleren und höheren Grades am leichtesten und unzweifelhaft nachweisen lässt, indem wir nicht auf die schwer zu bestimmende Lage des binoculären Nahepunktes (wie bei Emmetropie und Hypermetropie), sondern nur auf die leicht zu bestimmende Lage des binoculären Fernpunktes Rücksicht zu nehmen brauchen. Ich habe schon früher [1]) über das eigenthümliche Verhalten der Accommodation bei Myopie gesprochen, ein Verhalten, das sich durch das Schlagwort der relativen Accommodationsbreite durchaus nicht erklären lässt. Ich habe in specie von mir angeführt, dass ich bei einem Fernpunkte von 6″ im Abstande von $5^3/_4$″ binocular lese. Wenn ich aber das Naheobject aus der gesenkten Blickebene, in welcher es sich beim naturgemässen Arbeiten befindet, in der Medianebene hebe, so kann ich leicht constatiren, dass mein binocularer Fernpunkt hinausrückt und bei stark gehobener Blickebene den monocularen Fernpunkt erreicht. Myopen werden desshalb, wenn sie ein Object ausserhalb ihrer deutlichen Sehweite zu sehen sich bestreben, den Kopf senken und die Augen nach aufwärts bewegen, auch das Buch, falls sie noch bei hoher Myopie binocular

[1]) *pag.* 351.

lesen, höher als die Augen halten, während Hypermetropen, falls sie ein Naheobject möglichst deutlich sehen wollen, dasselbe stark nach abwärts bringen, ein Buch, möchte ich sagen, gerade nach abwärts fallen lassen, um die stark gesenkte Blickrichtung zur Verstärkung ihrer Accommodation zu verwerthen. In myopischen Augen ist auch ein entgegengesetztes Verhalten der Accommodation, wenn es vorkommt, leicht nachzuweisen — und dass es vorkommt, beweist die Angabe Hering's, der als Myop mit *M* 1/7 bei gesenkter Blickebene im grösseren Abstande, als bei gehobener sieht [1]).

Gehen wir von dem Muskel, welcher die Veränderungen im Innern des Auges besorgt, zu dem äusseren Bewegungsapparate des Auges über, so interessirt zunächst die Frage nach der Excursion der Augenbewegungen und nach der Grösse des Convergenz- und Divergenzvermögens bei Em- und Ametropie. Mit Hilfe verlässlicher Untersuchungsmethoden fand Schuurman, dass die Bewegung der Blicklinie bei Emmetropie in der Horizontalebene nach aussen 42°, nach innen 45°, die Totalexcursion in der Horizontalen also 87° im Mittel beträgt, dass die genannte Excursion für die beiden Augen desselben Individuums nahezu gleich ist, sowie dass sie im Alter ein wenig abnimmt. Die Totalbeweglichkeit in der Verticalebene ist jener in der Horizontalen fast gleich, doch können die Augen wesentlich weiter nach abwärts, als nach aufwärts bewegt werden, es verhält sich die Excursion nach unten zu jener nach oben wie 57 : 34. Unter den zehn gemessenen Emmetropen zeigten sich bei einem 25jährigen Manne die grössten Werthe mit 99° Beweglichkeit im Horizont und 99 bis 100° Beweglichkeit in der Verticalebene.

Für 10 Hypermetropen mit *Hm* 1/13 bis *Hm* 1/4 fand Schuurman als Mittel der Horizontalexcursion der Blicklinie 85°, zusammengesetzt aus 38° Aussen- und 47° Innenwendung. Bei 16 Myopen mit *M* 1/20 bis *M* 1/1¼ ergab sich der entsprechende Mittelwerth mit 79° (38° nach innen, 41° nach aussen). Wiewohl der Mittelwerth sich demnach bei Myopie kleiner stellt als bei Emmetropie, so muss doch bemerkt werden, dass wie aus Schuurman's Tabelle hervorgeht und auch der Autor selbst betont, bei hochgradiger Myopie sehr ausgedehnte Beweglichkeit vorkommen kann. Ja es zeigen sich Werthe, wie sie bei Emmetropie entweder gar nicht gefunden wurden, (so bei einer *M* 1/2¼ eine Excursion von 111°), oder doch das Mittel für Emmetropie (81°) übertreffen (bei *M* 1/2¼ 89°, bei *M* 1/3⅛ 91°) oder wenigstens erreichen.

[1]) S. Hering, Die Lehre vom binoculären Sehen pag. 141.

Die geringste Excursion ergibt sich für ein Auge mit $M^1/_{3^1/_4} = 53^0$, jedoch das zweite Auge desselben Individuums zeigt, wiewohl es emmetropisch ist, eine nicht nennenswerth grössere (von 57^0). Sonst kommt eine Excursionfähigkeit unter 56^0 nicht vor. Alle die von Schuurman gemessenen Augen haben eine hinlänglich grosse Excursionsfähigkeit, um die Donders'sche Methode zur Bestimmung der Lage des Drehpunktes im lebenden Auge, über die wir später sprechen werden, direct zur Anwendung kommen zu lassen. Ich erwähne dies nur, weil Schuurman's und meine eigenen Erfahrungen mit den Angaben von Donders und Doyer im Widerspruche stehen, welche bei den Drehpunktsbestimmungen wiederholt eine Excursion, die bedeutend kleiner als 56^0 gewesen sein musste, gefunden haben.

Nebst der Grösse der Seitenwendung hat Schuurman auch die Grösse des Convergenz- und Divergenzvermögens bei normalem und anomalem Bau der Augen geprüft und in letzterer Hinsicht liegen auch Resultate, die sich auf eine grössere Zahl von Fällen stützen, von Seiten Reich's vor. Der Grad der Convergenz wurde von Schuurman am besten und zwar direct durch Annäherung eines feinen Objectes (bis zu dessen Verdopplung) bestimmt. Reich untersuchte die Grösse des Adductionsvermögens, d. h. er untersuchte, welche Prismen mit der Basis nach aussen, einerseits für 18 Fuss, andererseits für 10 Zoll Abstand von Emmetropen, Hypermetropen und Myopen überwunden werden konnten. Den nächsten Convergenzpunkt fand Schuurman bei Emmetropie im Mittel $2^3/_4$" von der Grundlinie entfernt. Bei Myopie ist die Grösse des Convergenzvermögens sehr variirend und kann sehr hohe Werthe erreichen, z. B. 1" 7"' bei einer $M^1/_{1^1/_4}$; 1" 9"' bei einer $M\ \frac{1}{2 \cdot 1}$; 1" 11"' bei $M^1/_{\frac{1}{2}^1/_2}$, andererseits kann der nächste Convergenzpunkt wesentlich hinausgerückt sein. In Schuurman's Tabelle liegt er am weitesten, 6", entfernt in zwei Fällen mit $M^1/_{2^1/_2}$ und $M^1/_{2^1/_4}$. Ein Zusammenhang zwischen der Convergenzgrösse und der Excursionsfähigkeit in der Horizontalebene ist nicht zu ersehen. Schuurman's Untersuchungen zeigen schon, dass bei Hypermetropie keineswegs besonderes Convergenzvermögen als Regel sich finde. Wie bei Myopie kommt bei Hypermetropie ein hoher Grad von Convergenzfähigkeit, aber ebenso auch ungenügende Convergenz vor. Reich fand, dass bei parallelen Blicklinien das Adductionsvermögen bei Myopie grösser ist, als bei Emmetropie und Hypermetropie; aber auch auf 10" Abstand fand Reich *die grössten* Adductionswerthe bei Myopie.

Das Divergenzvermögen wird, wie wir wissen durch abducirende Prismen geprüft. Die diesbezüglichen Resultate werden bei der Besprechung des von Ametropie abhängigen Strabismus genannt werden. Indem wir zur Erörterung dieses letzteren übergehen, wollen wir nur noch auch an dieser Stelle der Insufficienz der inneren geraden Augenmuskeln gedenken, welche als Ursache der musculären Asthenopie, die bei jedem Augenbau vorkommen kann, sowie der Rolle wegen, welche ihr bei der Erzeugung und Unterstützung des Langbaues zugeschrieben wird, schon früher eine eingehende Erörterung fand.

Was nun den Zusammenhang von Ametropie und Strabismus anlangt, so hat Donders hervorgehoben, dass Strabismus convergens in innigen Connex mit Hypermetropie stehe und Strabismus divergens von Myopie abhängig sei. Es kann uns an dieser Stelle nicht in den Sinn kommen, in die Lehre vom Strabismus, ja nur in dessen Aetiologie überhaupt genauer einzugehen. Wir wollen uns nur auf das Abhängigkeitsverhältniss des Schielens von Ametropie beschränken.

Da eine grosse Anzahl von Individuen, welche mit convergirendem Strabismus behaftet sind, Hypermetropie zeigt, so musste man sich, sobald diese Thatsache richtig erkannt war, der Frage zuwenden, in wiefern Hypermetropie den Strabismus bedingen könnte. Ein Hypermetrop leidet an relativer Insufficienz der Accommodation, die Accommodation steigert sich aber bis zu einem gewissen Grade mit zunehmender Convergenz. Kann ein Hypermetrop z. B. einen 12″ abstehenden Gegenstand mit beiden Augen desshalb nicht deutlich sehen, weil er bei der Convergenz für 12″ zu wenig accommodirt, so kann er es, wie dies schon früher erörtert wurde, dadurch, dass er stärker convergirt und seine Blicklinien auf einen näheren Punkt einrichtet, doch vielleicht dahin bringen, dass nunmehr von dem 12″ entfernten Objecte ein deutliches Bild auf der Netzhaut erzeugt wird. Das Object müsste jedoch dabei, so lange beide Augen am Sehacte theilnehmen, in gleichnamigen Doppelbildern erscheinen. Da das letztere noch genanter wie das Schlechtsehen wäre, so wird der Hypermetrop das genannte Manöver unterlassen, so lange er nicht das Bild des Einen Auges eliminiren kann. Es wäre nun das Allereinfachste, wenn Hypermetropen Ein Auge zukneifen und so dem offenen Auge freien Spielraum verschaffen würden, wie ja auch hochgradige Myopen das monoculäre Sehen dem erschwerten Binocularsehen vorziehen und ein Auge zudrücken, wenn es nicht durch die Nase vom Sehacte ausgeschlossen wird. Die Erfahrung lehrt aber, dass Hypermetropen nur sehr ausnahmsweise durch geeignete Kopfdrehung Ein Auge mit Hilfe der Nase ausschliessen,

nie jedoch habe ich Hypermetropen ein Auge zukneifen sehen. Der Hypermetrop hilft sich unter gewissen Umständen auf andere Weise. Während er die Blicklinie des Einen Auges auf das Object richtet, convergirt er längs der unbewegten Blicklinie dieses Auges. Das Spiel der Muskelkräfte bei einem solchen Acte hat uns eigentlich erst Hering klar und deutlich analysirt. An dem Auge, dessen Blicklinie unbewegt bleibt, wirkt die gleiche Summe der Muskelkräfte, wie an dem anderen, dessen Blicklinie hierbei stark nach innen sich stellt. An dem ersteren Auge vertheilen sich die Kräfte auf Rectus externus und internus, und halten sich dabei das Gleichgewicht, an dem zweiten trifft die Summe der Kräfte den Rectus internus allein. Die Blicklinie des ersten Auges bleibt unbewegt, die des zweiten geht im starken Bogen nach innen. Da sich aber auf den Ciliarmuskel nicht die Bewegung der Blicklinie, sondern die Summe der auf die Einwärts- und Seitenwender wirkenden Kräfte reflectirt, so erfolgt in dem Auge, welches das Object fixirt, die gleiche Zunahme der Accommodation, wie in dem nach innen ablenkenden, in welchem das Bild nicht auf der Fovea centralis, sondern mehr oder weniger weit davon nach innen entworfen, aber wie die Erfahrung lehrt, von keinem Hypermetropen, der zum Zwecke des Deutlichsehens nach innen schielt, wahrgenommen wird. Auf diese Weise erreicht der Hypermetrop sein Ziel, stark zu accommodiren; durch Doppelbilder wird er thatsächlich nicht beirrt.

Man muss natürlich fragen, warum nicht alle Hypermetropen schielen, sobald ihre Hypermetropie nicht mehr facultativ ist. Man hat auf diese Frage verschiedene Antworten ertheilt, hat die Momente hervorgehoben, welche einerseits dem Entstehen des Strabismus entgegenwirken, andererseits dessen Auftreten befördern, und hat mit ziemlicher Genügsamkeit die Antwort der Frage entsprechend gefunden. Es wurde zunächst der Grad der Hypermetropie in Betracht gezogen und gesagt, dass hochgradige Hypermetropen von vermehrter Convergenz relativ geringen Vortheil ziehen, weil sie trotz der stärkeren Accommodation doch im Fixirpunkte nicht deutlich sehen können. Auf diese Weise hat man sich der nicht schielenden hochgradigen Hypermetropen entledigt. Man hat ferner die gleiche oder ungefähr gleiche Sehschärfe beider Augen als ein Bollwerk gegen die Entwicklung des Schielens angesehen. Die Abneigung gegen Doppelbilder sollte solche Hypermetropen oder überhaupt die meisten Hypermetropen vor Schielen bewahren. Man hat erkannt, dass Insufficienz der inneren Augenmuskeln mit abnormer Convergenz unverträglich *sei,* daher sowie von Seite des Augenbaues und der Netzhautfunction

so auch von Seite der Augenmuskeln der Entwicklung des Strabismus Hindernisse im Wege stehen.

Es wurden auf der anderen Seite die Momente in den Vordergrund gestellt, welche auf das Hervortreten des Innenschielens begünstigend wirken. Nach der einen Richtung hat man auf die Umstände, durch welche der Werth des Binocularsehens verringert, nach der anderen auf jene Verhältnisse hingewiesen, durch welche die Convergenz erleichtert wird. In der ersteren Hinsicht werden Amblyopie, hochgradige Hypermetropie, Astigmatismus oder Hornhautflecken des Einen Auges genannt, welche den Werth des gemeinschaftlichen Sehactes herabsetzen. Das bessere Auge soll unter solchen Umständen die Achtung vor seinem Compagnon verlieren und es mit Schaden nach dem inneren Augenwinkel fortschicken. Andererseits wird „leichte Beweglichkeit der Augen nach innen," sowie ein besonders grosser Winkel (γ) zwischen Gesichts-(Blick-)linie und Hornhautmitte die Ausbildung des Strabismus begünstigen.

Die Argumente, die wir bisher entwickelt haben, gehören Donders an und sind so ziemlich allgemein acceptirt. Es dürfte aber der Mühe lohnen, dieselben etwas näher zu beleuchten. Klar ist, dass bei Insufficienz der Interni Strabismus convergens nicht zur Entwicklung kommen wird, ja nach Reich kommt Insufficienz der Interni und Strabismus divergens bei Hypermetropen häufiger vor, als man bisher angenommen hat. Ebenso ist klar, dass „leichte Beweglichkeit der Augen nach innen" dem Entstehen des Strabismus nicht hinderlich im Wege sein wird, doch ist diese „leichte Beweglichkeit der hypermetropischen Augen nach innen" noch nicht gehörig definirt. Nach Mannhardt soll zwar der Abstand der Augen von einander bei Hypermetropie besonders gering sein, doch sowie ich dieser Angabe nach meinen Erfahrungen nicht zustimmen kann, so konnte ich mich auch nicht überzeugen, dass die Grundlinie (Abstand der Drehpunkte der Augen) bei schielenden Hypermetropen kleiner ist, als bei nicht schielenden. Selbst bei grosser Grundlinie findet sich Strabismus convergens bei Hypermetropie. Das zweite Moment der Convergenzerleichterung, welches Donders anführt, kann schon nach den von ihm selbst gefundenen Resultaten nicht stichhaltig sein. Es ist von Seite der Theorie allerdings einleuchtend, dass, je weiter die Gesichtslinie nach innen von der Hornhautmitte gelegen ist, es desto leichter geschehen kann, dass die Ruhestellung der Augen nicht dem Parallelismus, sondern der Convergenz der Gesichtslinien entspricht, und dass, stets die gleiche Entwicklung sowohl der Musculi recti interni, als der externi vorausgesetzt, bei

grossem Winkel γ die Parallelstellung der Gesichtslinien nur durch wirkliche Contraction der Externi erreicht werden könnte. Im Allgemeinen müsste sich in Folge dessen herausstellen, dass, falls bei Hypermetropie der Winkel γ grösser ist als bei Emmetropie, das Fernabductionsvermögen bei Hypermetropie immer geringer sein müsste, als bei Emmetropie, und dass bei besonders grossem Winkel das Abductionsprisma Null würde. Für diese Augen wäre wegen der Erschwerung des Parallelismus der Gesichtslinien der Anstoss zu der dem Sehen ohnehin förderlichen pathologischen Convergenz gegeben. Schuurman hat allerdings nach der Untersuchung von zehn Hypermetropen geschlossen, dass das Fernabductionsprisma bei Hypermetropie im Mittel nur $2{\cdot}8^0$, also etwas weniger als bei Emmetropie, für welche er als Mittel $3{\cdot}9^0$ fand, betrage, aber sowie einerseits diese Differenz höchst unbedeutend ist, so geht anderseits aus Reich's Prüfung an 88 Hypermetropen hervor, dass das Fernabductionsvermögen bei Hypermetropie nicht geringer, im Gegentheil etwas grösser sei als bei Emmetropie. Man könnte sagen, dass gerade bei Hypermetropen, welche in Schielen verfielen, das Fernabductionsvermögen wegen besonderer Grösse des Winkels γ besonders klein war. Ich will hier nur die Thatsachen in Betracht ziehen, auf die sich Donders stützt. Es wurden 10 schielende und 11 nicht schielende Hypermetropen von ungefähr gleichem Ametropiegrade untersucht, wobei übrigens die totale Hypermetropie nicht mit dem Spiegel bestimmt, sondern in ihrem Werthe nur nach *Hm* geschätzt wurde, und da hat sich herausgestellt, dass der Winkel γ bei den nicht schielenden Hypermetropen um $1{\cdot}07^0$ kleiner war, als bei den schielenden! Ich glaube, dass eine so minimale Differenz, gefunden an einer so geringen Zahl der Beobachteten, nicht die Bedeutung verdient, die ihr Donders gibt. Wenn bei Hypermetropie, wie Reich fand, das Fernabductionsprisma fast 6^0 beträgt, so wird es, wenn der Winkel γ um 1^0 grösser ist, noch immer so gross sein, wie bei Emmetropie, für welche es 5^0 beträgt. Und selbst wenn Schuurman's diesbezügliche Werthe für Emmetropie die richtigen sind, so dürfte doch, falls zwei Menschen in Betreff ihrer Augen keinen anderen Unterschied zeigen, als den, dass in den Augen des Einen der Winkel γ um 1^0 grösser ist, als bei dem anderen, aus diesem Grunde der Erste von dem Zweiten nicht wegen seines Schielens bemitleidet werden. „Man hat," sagt Javal, „auf diesem kleinen Winkel eine grosse Theorie errichtet, die um so mehr respectirt wird, je weniger sie verständlich ist." Auch will ich hier gleich bemerken, dass ich von der besonderen Grösse des Winkels γ *bei schielenden* Hypermetropen mich nicht überzeugen konnte.

Es scheint mir daher, dass die Begünstigung, welche der Strabismus convergens durch thatsächlich nachgewiesene, die Convergenz erleichternde Umstände erfahren soll, nicht gehörig constatirt ist. Gehen wir jetzt zu den Momenten über, welche von Seite des Augenbaues oder der Netzhautfunction theils nachtheilig, theils fördernd auf die Entstehung des Strabismus convergens wirken sollen. Dass absolute Hypermetropie keinen Grund zur Entstehung des Strabismus abgeben kann, ist einleuchtend. Das deutliche Sehen kann dann selbst bei stärkster Convergenz nicht erreicht werden. Auch hat Green gezeigt, dass, wenn man bei Hypermetropen, die zu schielen anfangen, Atropininstillationen macht, der Strabismus verschwindet, weil nach der Lähmung der Accommodation kein Vortheil mehr aus der erhöhten Convergenz erwächst. Wenn man aber bedenkt, dass der Strabismus sich in den ersten Lebensjahren entwickelt, dass wir zu dieser Zeit nach Donders wenigstens eine Accommodationsbreite $^1/_3$ annehmen müssen, dass demnach bei $H^1/_4$ und unversehrter Accommodation der monoculäre Nahepunkt noch in 12″ liegt, demnach bei forcirter Convergenz noch in kurzen Abständen deutlich gesehen werden kann, dann wird man zugeben müssen, dass hochgradige Hypermetropie nur selten das Entstehen von Strabismus behindern wird. In der That kommt auch bei sehr hochgradiger Hypermetropie, wenn sie nur nicht schon in der Jugend absolut war, Strabismus convergens vor, und wiewohl diese Fälle, weil die hochgradige *H* selbst relativ selten ist, relativ selten vorkommen, so dürfte doch der Procentsatz für Strabismus bei hochgradiger Hypermetropie kein anderer sein, als bei Hypermetropie niederen Grades.

Man sagt ferner, dass, wenn die Hypermetropie und die Sehschärfe beider Augen gleich ist, dieser Umstand dem Entstehen des Schielens entgegenstehe, weil die Augen am binoculären Sehacte fest halten, d. h. es vorziehen, mit beiden Augen zusammen undeutlich, statt mit dem Einen deutlich zu sehen. Diese Annahme ist, glaube ich, doch nicht ganz gerechtfertigt. Dass die Augen am binoculären Sehacte festhalten, solange ihnen aus dem monoculären kein Vortheil entsteht, ist begreiflich; dass aber die Augen nur aus platonischer Liebe zum binoculären Sehacte es vorziehen sollten, schlecht zu sehen, anstatt dass das Eine durch Ablenkung des anderen sich zu deutlichen Netzhautbildern verhilft, ist nicht einleuchtend. Wenn ein Hypermetrop z. B. Nr. 3 Jäger nicht lesen kann, weil er binocular für 12″ nicht mehr gehörig zu accommodiren vermag, so sollte er aus blosser Pietät für den binoculären Sehact das Buch wieder resignirt bei Seite legen, anstatt, falls er nur wüsste, wie man es anstellt, zu schielen

und sofort deutlich zu sehen? Das scheint mir nicht sehr wahrscheinlich. Oder schielt er vielleicht desshalb nicht, weil er bei der Gleichheit der Sehschärfe und der Refraction in beiden Augen durch Doppelbilder gestört würde? Man sagt, dass, wenn Ein Auge (das abgelenkte) amblyopisch oder stärker hypermetropisch oder astigmatisch ist, das beim Schielen auf den Innentheilen der Retina entstehende Bild leichter „unterdrückt" wird, als wenn es nahezu gleich scharf ist, wie im anderen Auge. Abgesehen davon, dass bei centraler Amblyopie Eines Auges nicht erwiesen ist, dass auch auf den peripheren Netzhauttheilen analoge Amblyopie bestehe, ist nicht anzunehmen, dass, wenn es dem Individuum gelingt, das Eine Netzhautbild nicht zu sehen, es darauf ankommen sollte, ob dieses Bild ein bischen mehr oder weniger deutlich ist. Es ist bekannt, dass bei Augenmuskelparesen doppelt gesehen wird, auch wenn das von der Lähmung befallene Auge amblyopisch ist und die Lähmung jahrelang dauert. Andererseits kommt es bei Strabismus ja vor, und nach meiner Erfahrung nicht so selten, als man annimmt, dass beide Augen gleiche Sehschärfe zeigen, und nicht blos bei alternirendem, sondern auch bei monolateralem Strabismus.

Sowenig als wir in dem Höhengrade der Hypermetropie (mit Ausnahme der extremsten, wegen ihrer geringen Zahl kaum im Betracht kommenden Fälle) und sowenig wir in der gleichen Sehschärfe und Refraction der Augen ein Hinderniss für die Entstehung des Strabismus sehen können, ebensowenig finden wir, dass die Hervorrufung desselben durch Amblyopie, hochgradige Hypermetropie, Astigmatismus und Hornhautflecken Eines Auges besonders angeregt werden kann. Die Amblyopie (im weitesten Sinne) des Einen Auges soll den Werth des binocularen Sehactes vermindern. Entspricht dieser Satz aber auch der Erfahrung? Die Erfahrung zeigt, dass die Sehschärfe Eines Auges sehr wenig massgebend dafür ist, ob binocularer Sehact besteht oder nicht. Die Sehschärfe beider Augen kann normal sein und es kann der gemeinschaftliche Sehact fehlen, andererseits kann die Sehschärfe eines Auges sehr bedeutend herabgesetzt sein und doch gemeinschaftlicher Sehact bestehen. Mit der letzteren Thatsache stehen übrigens auch die Resultate nicht im Widerspruche, zu welchen ein Schüler von Donders, v. d. Meulen, in neuerer Zeit bei künstlicher Erzeugung von einäugiger Amblyopie, Ametropie und Astigmatismus (durch Vorhalten eines trüben, resp. sphärischen oder cylindrischen Glases) gelangt ist. Es kann sich in einem speciellen Falle eben nur darum handeln, ob gemeinschaftlicher Sehact besteht oder nicht. Ist er vorhanden, dann hat er genau *denselben* Werth, ob beide Augen gleich gut sehen oder ob

eines amblyopisch ist. Von einem geringeren Werthe des gemeinschaftlichen Sehactes wegen Amblyopie Eines Auges kann nicht die entfernteste Rede sein. Dieses letztere Auge unterstützt das zweite genau in der gleichen Weise, ob seine Sehschärfe dem des zweiten Auges gleicht oder ob sie geringer ist. Die Ansicht, dass beim Bestehen gemeinschaftlichen Sehactes bei Amblyopie Eines Auges das Doppelbild leichter unterdrückt und desshalb unter solchen Umständen leichter Strabismus erzeugt wird, mussten wir schon früher als unbegründet ablehnen. Ja, könnte man sagen: wenn die Amblyopie nicht die Ursache des Strabismus ist, wie kommt es dann, dass die schielenden Augen so häufig amblyopisch sind? Darauf könnte man zwar nicht in Betreff der höheren Hypermetropie und des Astigmatismus, den solche Augen häufig darbieten, wohl aber in Betreff der Amblyopie κατ' ἐξοχήν einwenden, dass diese Amblyopie nicht Ursache, sondern Folge des Strabismus sei, wie man ja fast allgemein der dauernden Ablenkung des Auges die Hauptschuld an der Schlechtsichtigkeit der schielenden Augen zuschiebt. Ich bekenne mich jedoch als Gegner der letzteren Ansicht und schliesse mich im Allgemeinen Schweigger an, der von einer Beeinflussung der Netzhautfunction durch Strabismus nichts wissen will. Aber es ist auch nicht nöthig, zu solchem Erklärungsgrunde die Zuflucht zu nehmen. Untersucht man nämlich eine grössere Anzahl Hypermetropen, so findet man, dass sehr häufig ein Auge stark hypermetropisch, oder astigmatisch oder amblyopisch oder alles zusammen ist, und man kann ausserdem constatiren, dass unter den mit Amblyopie Eines Auges behafteten Hypermetropen wenigstens ebenso viele sind, welche nicht schielen, als solche, welche schielen, eine Thatsache, welche übrigens auch aus einer diesbezüglichen Aeusserung Schweigger's ersichtlich ist [1]).

Was noch speciell das gleichzeitige Vorkommen von Hornhautflecken und Strabismus anlangt, so hat man früher geglaubt, dass der Hornhautflecken wegen das Auge abgelenkt wird. Eine solche Annahme hat man gegenwärtig als unhaltbar verworfen, aber indem man jetzt der Ansicht ist, dass Hornhautflecken bei gleichzeitigem Vorhandensein von Hypermetropie Strabismus verschulden, hat man glaube ich, keine plausiblere Ansicht aufgestellt. Ich persönlich hätte übrigens nicht nöthig über den Causalnexus von hypermetropischem Strabismus und Hornhauttrübungen nachzudenken, weil ich ein solches Zusammentreffen äusserst selten sah. In den nicht seltenen Fällen von Hornhautflecken

[1]) Augenheilkunde, 1873 pag. 149.

und Strabismus, convergens oder divergens, ohne Hypermetropie, die vorkommen, stelle ich mir die Entstehung des Strabismus so vor, dass während einer langwierigen Augenentzündung der Entzündungsprocess entweder auf den Musculus rectus internus oder externus (oder auf die Muskelumgebungen) übergriff (Ruete), oder dass einer der beiden Muskeln während des mit der Entzündung durch lange Zeit bestandenen Orbiculariskrampfes gleichzeitig durch Mitbewegung tonisch contrahirt ward (v. Graefe). Eine dauernde Verkürzung des Muskels, concomitirender Strabismus, war die Folge dieser Zustände. Die häufig bestimmte Angabe der Umgebung, dass die Betreffenden vor der Augenentzündung nicht geschielt hätten, dass aber, sowie nach langer Zeit die Augen endlich wieder geöffnet wurden, das Schielen sofort bemerkt wurde, spricht entschieden für den innigen Zusammenhang der Entzündung und des Strabismus. Da hypermetropische Augen gegen phlyctenuläre Hornhautprocesse nicht sichergestellt sind, so wird es bei der Häufigkeit der Hypermetropie nicht merkwürdig sein, falls man Hornhautflecken bei hypermetropischem Strabismus findet.

Nach dem Gesagten kann ich in den bisher angeführten Argumenten nicht die Erklärung finden, warum nicht alle Hypermetropen (mit Ausnahme der absoluten und der mit Insufficienz der Interni behafteten) schielen, oder warum jene Hypermetropen, welche schielen, schielen. Wir müssen uns also um andere Erklärungsgründe umsehen. Solche wurden auch von anderen Autoren gegeben. Von Seite des Bewegungsapparates könnte zunächst die Entstehung einseitigen Schielens durch ein besonderes Verhalten des Winkels γ gegeben werden. Donders sagt, dass der Winkel γ für beide Augen desselben Individuums in der Regel nahezu gleich ist, er sagt aber auch dass der besagte Winkel mit dem Grade der Hypermetropie wächst. Da bei Strabismus die Refraction der Augen, wie Donders gleichfalls sagt, oft verschieden ist, so stimmt der erste der beiden früheren Sätze nicht gut mit dem zweiten. Wenn aber wirklich der Winkel γ mit dem Grade der Hypermetropie wachsen würde, so wäre er bei Refractionsdifferenz für jedes Auge ein anderer, und da das schielende Auge einen viel höheren Grad von H aufweisen kann, so könnte es z. B. geschehen, dass am richtigstehenden Auge $\gamma = +2^0$, am schielenden aber $+10^0$ betrüge. Bei der Annahme des Gesetzes einer vollkommen gleichmässigen Muskelentwicklung für beide Augen müsste bei Ungleichheit der Winkel γ immer Strabismus entstehen; aber wenn wir auch das genannte Gesetz etwas laxer handhaben, so ist doch klar, dass die grosse Refractionsdifferenz und der damit verbundene grosse Winkelunterschied zum

Schielen führen wird. Dem sehtüchtigeren Auge mit der geringeren Hypermetropie und dem kleineren Winkel γ ist die Gradeausstellung erleichtert, das andere stärker hypermetropische kann aber nur durch abnorme Innervation oder gar nicht seine Blicklinie mit der des andern Auges parallel stellen, es weicht nach innen ab. Dobrowolsky hat in der That auf Grund der Messung von drei Individuen, deren Augen eine ungleiche Refraction darboten [1]), auf den Einfluss aufmerksam gemacht, welchen die Verschiedenheit eines gewissen Winkels auf die Entstehung von Strabismus haben könnte. Doch ist ihm dabei ein Lapsus und wie es scheint ein doppelter Lapsus passirt. Nur der Winkel γ, d. i. der Winkel zwischen Gesichtslinie oder richtiger zwischen Blicklinie und Hornhautmitte erschwert oder erleichtert die Convergenz. Geht die Blicklinie durch die Mitte der Hornhaut, ist der Winkel $\gamma = 0^0$, so können wir z. B., wenn wir wollen, annehmen, dass unter solchen Umständen Parallelstellung der Blicklinien am leichtesten ohne irgend welche Muskelcontraction effectuirt wird. Wenn es, wie Woinow angegeben hat, richtig ist, dass die Axe des Hornhautellipsoids oder vielmehr, dass die Axe des durch die Mitte der Hornhaut gelegten horizontalen elliptischen Durchschnittes nicht durch die Mitte der Hornhaut geht, dass also von dem Winkel zwischen Blicklinie und Hornhautmitte, dem Winkel γ, jener Winkel, der von Gesichtslinie und Hornhautaxe gebildet wird, d. i. der Winkel α zu unterscheiden sei, dann ist, wie Woinow unter Einem bemerkt hat, auch klar, dass für die Verhältnisse, von denen wir jetzt handeln, nur der Winkel γ, nicht aber der Winkel α eine Bedeutung hat. Wenn die Blicklinie z. B. durch die Hornhautmitte geht, $\sphericalangle\ \gamma$ also Null ist, dann ist es in Betreff der Erleichterung oder der Erschwerung der Convergenz ganz gleichgiltig, ob die Hornhautaxe auch durch die Mitte der Hornhaut geht, also mit der Gesichtslinie zusammenfällt oder ob sie um 20^0 nach aussen oder innen von derselben abweicht. Auf diese Bedeutung der Winkel α und γ mussten wir ohnehin früher oder später zurückkommen. Da wir es jetzt schon thaten, so wollen wir gleich bemerken, dass Dobrowolsky irrthümlicher Weise auf den Einfluss, welchen die Differenzen der Winkel α bei ungleicher Refraction der Augen auf die Entstehung von Strabismus nehmen könnten, hinweist und noch dazu einen kleinen Winkel als mögliche Ursache eines Strabismus convergens und einen grossen als die eines Strabismus divergens ansieht. Ich habe die beiden in Rede stehenden Winkel in einer An-

[1]) Zehender's klinische Monatsblätter. 1871, pag. 449, und Annales d'oculistique. 1871. Tome 66. pag. 226.

zahl von Augen bestimmt und will hier von den Resultaten, mit denen wir uns in einer späteren Vorlesung beschäftigen werden, nur das eine mittheilen, dass die thatsächlichen Befunde einer Beeinflussung der Augenstellung von Seite des Winkels γ geradezu widersprechen.

Da der Versuch, in der eben besprochenen Richtung dem Strabismus Hilfstruppen zuzuführen, missglückt ist, wenden wir uns jenen Momenten zu, die im Auge selbst liegend zur Anregung einer stärkeren Convergenz führen können, als jene ist, welche durch die Hypermetropie dieser Augen allein bedingt würde. Schweigger sagt, dass „es in dieser Beziehung vielleicht nicht ohne Einfluss sei, dass in einer recht erheblichen Anzahl der Fälle auch das nicht schielende Auge keine volle Sehschärfe besitzt; es wird dabei das Bestreben auftreten, möglichst grosse Netzhautbilder zu gewinnen durch starke Annäherung des Objectes, was wiederum eine starke Anspannung der Accommodation erfordert und die Neigung zur Sehaxenconvergenz erhöht.“ In gleicher Weise, wie das von Schweigger hervorgehobene Moment, wird auch verminderte Accommodationsbreite, Parese des Ciliarmukels zu stärkerer Convergenz im Dienste der möglichst starken Accommodation führen. Javal ist in der That der Ansicht, dass der convergirende Strabismus in einer grossen Anzahl von Fällen durch eine vorübergehende Accommodationsparese bei jungen Hypermetropen erzeugt wird, dass hierbei ein mässiger Grad von Hypermetropie eine für die Entstehung des Strabismus günstige Bedingung ist, während bei sehr hochgradiger Hypermetropie die Parese eine solche Störung herbeiführen kann, dass der Kranke die Ueberwindung desselben zurückweist und desshalb hochgradige Hypermetropen dem Strabismus entgehen. Den Einfluss der Accommodationsparese auf das Entstehen von Strabismus demonstrirt Javal in der Weise. dass er in Ein Auge eines Hypermetropen eine schwache Atropinlösung instillirt oder ein Concavglas vor dieses Auge hält. Schiebt man vor das andere Auge ein mattes Glas und bietet dem atropinisirten oder mit einem Concavglas bewaffneten ein nahegelegenes Object zur Fixation dar. so sieht man das Auge, welches durch das matte Glas vom Sehacte ausgeschlossen wird, dessen Stellung aber durch das Glas hindurch noch controlirt werden kann, nach innen schielen. Donders hat schon früher angegeben, dass, wenn ein Emmetrop durch Vorsetzen von Concavgläsern seinen Augen eine Linse wegnimmt und sich also dadurch hypermetropisch macht, bei jedem Versuche, deutlich zu sehen, „sogleich Doppelbilder als Folge erhöhter Convergenz aufzutreten drohen und dass er bald nur die Wahl zwischen Undeutlichsehen und Schielen

hat.“ Später hat Donders darauf aufmerksam gemacht, dass verringerte Accommodationsbreite allein ohne Hypermetropie Ursache von Strabismus convergens werden kann und dass das Einwärtsschielen, welches nach Diphtheritis beobachtet wird, möglicherweise nicht die Bedeutung einer Abducenslähmung, sondern einer activen Internus-Contraction sei, welche durch die bei Diphtheritis häufig gleichzeitig vorkommende Accommodationslähmung eingeleitet wurde.

Ja, nicht einmal eine Verringerung der absoluten Accommodationsbreite ist nöthig, nur eine ungünstige Verlagerung der relativen Accommodationsbreiten reicht unter Umständen hin, um Strabismus hervorzurufen. Es gibt Hypermetropen, welche nur zeitweilig schielen und zwar nur dann, wenn sie ein nahegelegenes Object betrachten, während beim Fernsehen und auch bei der Fernprüfung Strabismus nicht hervortritt. Lässt man solche Hypermetropen durch 1 oder 2 Tage eine die manifeste Hypermetropie corrigirende Brille tragen und nimmt dann, indem die Brille entfernt wird, wieder eine Fernprüfung vor, so zeigt sich, dass jetzt auch beim Blick in die Ferne Schielen eintritt. Beim Tragen der Brille braucht der Hypermetrop mit parallelen Gesichtslinien nicht so stark zu accommodiren, als er es sonst that. Im Momente, als die Brille weggenommen wird, gelingt es ihm nicht, die gewohnte Accommodation aufzubringen, er sieht daher schlechter als sonst. Das kann ihn aber nicht in Verlegenheit setzen. Da ihm das Kunststück des Schielens geläufig ist, so schielt er jetzt auch beim Blick in die Ferne und sieht nun wieder deutlich in die Ferne.

All' das Vorgebrachte ist aber, selbst wenn der Einfluss verringerter Sehschärfe und das häufige Vorkommen von Accommodationsparese erwiesen wäre, nicht ausreichend, um zu erklären, warum der grösste Theil der Hypermetropen nicht schielt. Es zeigt uns nur, dass in einzelnen Fällen, wenn die relative Insufficienz der Accommodation aus dem einen oder dem anderen Grunde sich steigert, durch diese *force majeure* Strabismus hervorgerufen wird, der durch den bestehenden Grad von Hypermetropie allein nicht hervorgerufen würde. Es ist allerdings richtig, dass hochgradige Hypermetropen, die von Accommodationsparese befallen werden, nicht in Schielen zu verfallen brauchen, aber warum schielen denn solche Hypermetropen mit unversehrter Accommodation nicht? Ich meine das so: Es kann caeteris paribus bei der Entstehung des Strabismus doch nur darauf ankommen, wo der monoculare Nahepunkt liegt. Nun ist es aber in dieser Hinsicht ganz gleichgiltig, ob ein jugendlicher Hypermetrop mit $H^1/_{20}$ in Folge

einer Accommodationsparese den monocularen Nahepunkt in 12" hat, oder ob ein jugendlicher Hypermetrop mit $H^1/_4$ und Accommodationsbreite $^1/_3$ in Folge des Höhengrades seiner Ametropie denselben monocularen Nahepunkt aufweist. Verfällt der erstere immer in Schielen, dann weiss ich nicht, warum es der letztere nicht sollte, noch dazu, da ihm doch eine Convergenzerleichterung schon vermöge der ihm zugeschriebenen grossen Winkel γ zukommt. Oder glaubt man vielleicht, dass in dieser Hinsicht das Verhalten der relativen Accommodationsbreiten massgebend ist? Glaubt man vielleicht, dass der hochgradige Hypermetrop allmälig gelernt hat, für jede Convergenz mit beiden Augen stärker zu accommodiren, während der Hypermetrop niederen Grades, plötzlich von Accommodationsparese befallen, unfähig seine relativen Accommodationsbreiten dem neuen Zustande rasch anzupassen, zum Auskunftsmittel des Schielens greift? Ein solcher Einwand hätte einige Berechtigung, wenn Strabismus convergens bei erwachsenen Individuen sich entwickelte. Aber erwachsene Hypermetropen verfallen thatsächlich nicht in convergirenden Strabismus. Der convergirende Strabismus, von dem wir handeln, entwickelt sich im zarten Kindesalter. Da kann von einer Ausbildung der relativen Accommodationsbreiten der Ametropie entsprechend nicht recht die Rede sein. Der von einer Parese getroffene Hypermetrop niederen Grades kann gerade so gut sich den Verhältnissen anzupassen lernen, wie der entsprechend hochgradige Hypermetrop desselben Alters. Dazu kommt noch, dass ja das thatsächliche Vorkommen von Accommodationsparese vor dem Auftreten des Strabismus noch nicht hinlänglich sicher erwiesen ist, sowie dass, was die herabgesetzte Sehschärfe des nicht schielenden Auges anlangt, einerseits eine grosse Zahl von Hypermetropen mit gleich mangelhafter Sehschärfe nicht schielt, während andererseits das fixirende Auge bei Strabismus häufig vollkommene Sehschärfe hat. Namentlich ist aber zu bedenken, dass in dem Alter, in welchem das Schielen sich entwickelt, keine Anforderungen an die Augen gestellt werden, welche eine normale Sehschärfe erfordern würden.

Es wäre am einfachsten, Strabismus bei jenen Hypermetropen entstehen zu lassen, welche keinen gemeinschaftlichen Sehact besitzen, während alle übrigen Hypermetropen durch das beim Schielversuche auftretende Doppelsehen vor der Entwicklung des Strabismus bewahrt würden. Es wäre aber die Annahme, dass die Schielenden, ehe sie schielten, keinen gemeinschaftlichen Sehact hatten, eine ganz willkürliche, und das umsomehr, als sich bei einzelnen Strabotikern nach der *operativen* Correction der Schielstellung der binoculare Sehact wieder

herstellt, vor Allem aber, weil sich dies, wie Javal's sehr anerkennenswerthe Bemühungen gezeigt haben, unter Anwendung gehöriger Mittel wahrscheinlich bei einer grossen Anzahl von Schielenden erreichen liesse.

Es erübrigt jetzt noch, nach so vielen Negationen, sich um eine positive Auffassung der Sachlage umzusehen. Ich glaube, das Schielen ist sozusagen ein Kunststück, das nicht jeder Hypermetrope trifft. Ich bin überzeugt, dass alle nicht facultativen Hypermetropen schielen würden, wenn sie wüssten, wie man es zu Wege bringt, und dass man durch geeignete Mittel allen Hypermetropen das Schielen beibringen könnte. Ein solches geeignetes Mittel ist z. B. die künstliche oder krankhafte Accommodationsparese, natürlich beider Augen. Da fangen die Hypermetropen zu schielen an, ohne dass einerseits die Interni an Kraft gewonnen, die Drehpunkte an gegenseitigem Abstande verloren hätten und die Winkel γ grösser geworden wären, und ohne dass andererseits die Sehschärfe Eines Auges durch stärkere Hypermetropie, durch Astigmatismus oder Hornhauttrübungen herabgesetzt worden wäre. Es kann kein Zweifel bestehen, dass der Nachahmungstrieb eine wesentliche Rolle bei der Entwicklung des Strabismus spielt, und dass die im Volksglauben wurzelnde Angabe so mancher Mutter, ihr Kind hätte von anderen das Schielen gelernt, eine sehr berechtigte ist — nur wird der Arzt die Hypermetropie als Ursache finden, wesshalb das Kind an dem aus Nachahmungstrieb versuchten Schielen Wohlgefallen fand. Wie sehr das Schielen ein willkürlicher Act ist, lässt sich an jenen Individuen constatiren, bei denen es trotz der im Dienste des Deutlichsehens so häufig eingeleiteten erhöhten Internuscontractionen doch nicht zum tonischen Krampf Eines Internus, also nicht zu ständigem Strabismus kam, sondern beim periodischen Schielen blieb. Wiederholt konnte ich an solchen Personen constatiren, dass sie auf Commando zu schielen im Stande waren. Es wird z. B., wenn ein Finger in der Medianlinie der Blickebene im Abstande von 10—12″ vorgehalten wird, zunächst binocular fixirt, und erst auf die Aufforderung: „Schielen Sie jetzt“ weicht Ein Auge, in der Regel stets das gleiche, im grossen Bogen nach innen. Nicht das am mindesten Wunderbare ist dabei, dass die Augen bei binocularer Fixation auch gemeinschaftlichen Sehact haben, während, sowie die Ablenkung eintritt, nicht doppelt gesehen wird.

Was den Verlauf des Strabismus convergens ex Hypermetropia anlangt, so sieht man denselben in den ersten Lebensjahren, vom 4. Jahre angefangen, in der Art sich entwickeln, dass zunächst nur

bei der Betrachtung naher Objecte geschielt wird. Allmälig, im Laufe von 1 oder 2 Jahren wird das Schielen ständig, d. h. eine richtige Einstellung der Blicklinien kommt überhaupt nicht mehr zu Stande, bei der Betrachtung naher Objecte nimmt jedoch die Ablenkung beträchtlich zu. Nach und nach entwickelt sich aus diesem Zustande ein solcher von grösserer ständiger Ablenkung, in der Mehrzahl der Fälle ist dann eine Vergrösserung des Schielwinkels bei Convergenzstellungen nicht mehr nachweisbar. Bei anderen Strabotikern bleibt jedoch die Zunahme des Schielens bei stärkerer Inanspruchnahme der Accommodation immer deutlich. Der Strabismus convergens kann als solcher durch's Leben fortbestehen, ist dabei monolateral, bisweilen alternirend, oder er kann nach einer gewissen Zeit wieder abnehmen oder ganz schwinden; v. Wecker hat diese letztere Thatsache namentlich daraus erschliessen wollen, dass man so wenig Schielende in vorgerückten Jahren antrifft. Mag auch dieses Argument anfechtbar sein, so ist doch an der Thatsache, dass Strabismus convergens abnehmen und schwinden könne, nicht zu zweifeln. Beweisend dafür sind jene Fälle, in welchen Individuen wegen asthenopischer Beschwerden sich vorstellen und von ihnen selbst (oder ihren Angehörigen) spontan angegeben wird, dass sie früher geschielt hätten. Bei genauerer Untersuchung findet man auch da noch eine geringe Ablenkung oder aber wirklich vollständig richtige Einstellung bei gemeinschaftlichem Sehacte. Die Ursache für die Abnahme oder das Verschwinden des Strabismus kann wohl nur in den Muskeln selbst zu suchen sein. Es zeigt uns, dass im Schielmuskel ein tonischer Krampf vorhanden war, der aber zu einer Structurveränderung im Muskel nicht führte. Der Krampf hört gewiss bei allen Schielenden nach einiger Zeit auf, aber durch die Lösung des Krampfes wird die ursprüngliche Muskellänge nicht restituirt, weil der Muskel in Folge von Structurveränderungen verkürzt ist. In seltenen Fällen können diese letzteren nahezu oder ganz ausbleiben, und so schwindet nach dem Aufhören des tonischen Krampfes der Strabismus nahezu oder ganz. Dass im letzteren Falle sich gemeinschaftlicher Sehact wieder herstellen kann, sowie dass die Individuen nicht neuerdings den tonischen Krampf hervorzurufen im Stande sind, ist nach den Erfahrungen, welche man nach Schieloperationen macht, nicht merkwürdig. Auch da wird gelegentlich sowohl das Wiederkehren des Binocularsehens als die Unmöglichkeit, neuerdings zu schielen, constatirt. Hätten jene Hypermetropen übrigens die Contraction des Internus festhalten können, sie hätten gewiss nicht zu schielen aufgehört.

Besonders interessant sind die schon früher erwähnten Fälle, in welchen der periodische Strabismus als solcher bestehen bleibt. Nur beim Betrachten naher Objecte, oder aber auch bei scharfer Fixation ferner Gegenstände tritt Schielen ein. Ich habe solche Strabotiker noch in der Mitte der zwanziger Jahre gesehen. Was schliesslich aus diesem periodischen Schielen wird, ob es schwindet oder ständig wird, wüsste ich nicht anzugeben.

Wir hätten jetzt noch von jenem convergirenden Strabismus zu handeln, welcher mit Myopie verknüpft ist. Hieher wird gerechnet ein convergirendes Schielen, welches beim Blick in die Ferne in einzelnen Fällen sehr hochgradiger Myopie dadurch zum Vorschein kommt, dass die Blicklinien der stark verlängerten und schwer beweglichen Augen sich in einem bestimmten endlichen Abstande durchkreuzen, so zwar, dass von dieser Stellung der Blicklinien aus sowohl die Divergenz als die Convergenz erschwert ist, daher beim Blick in die Ferne Convergenz, beim Blick auf näher gelegene Objecte Divergenz der Blicklinien relativ zum Objectpunkte eintritt. Eine zweite Form convergirenden Schielens (eines wirklichen convergirenden Strabismus, wie wir ihn bisher besprochen, auf den aber die zuletzt erwähnte Form keinen Anspruch erheben kann), ich sage, eine Form convergirenden Schielens im Zusammenhange mit Myopie hat v. Graefe beschrieben. Durch die Heranrückung des Fernpunkts und die dadurch nöthigen Convergenzanstrengungen entwickelt sich im Gefolge der Myopie ein Uebergewicht der Interni über die Externi in der Art, dass die Myopen, von denen wir handeln, und welche v. Graefe mit Myopie $^1/_{18}$ — $^1/_6$ behaftet fand, für Distanzen, die zwischen 6 und 12″ liegen, richtig und ohne Anstand binocular fixiren, dass aber, wenn das Fixationsobject über den Fernpunkt hinausrückt, eine Grenze kommt, jenseits welcher verwirrt, dann wirklich doppelt gesehen wird, und die Ablenkung eines Auges nach innen deutlich hervortritt. Einen solchen im Gefolge der Myopie zur Entwicklung kommenden Strabismus hatte ich selbst zu beobachten nie Gelegenheit. Dagegen sah ich Strabismus convergens bei Emmetropie des einen, und bei hochgradiger Myopie und Amblyopie des andern, abgelenkten Auges, wobei der Zusammenhang zwischen Myopie und Strabismus mir undeutlich ist. Ferner: beiderseitige Myopie mit Hornhauttrübungen und Strabismus convergens, wobei man annehmen kann, dass Hornhauttrübungen und Strabismus gleichzeitig während eines entzündlichen Processes zu Stande kamen und die Cornealflecke die Entwicklung der Myopie bei angeborener Anlage beförderten. Weiters: Schichtstaar mit hochgradiger Myopie beider Augen und Strabis-

mus convergens. Hiebei muss man an die Möglichkeit denken, dass Schichtstaar und Strabismus sich im Gefolge von Convulsionen gleichzeitig entwickelten, sowie dass der Schichtstaar ein begünstigendes Moment für die Entwicklung der Myopie abgab. Dass die Entstehung des Schichtstaars sich in den meisten Fällen, in welchen man eine verlässliche Anamnese erheben kann, auf Convulsionen zurückführen lässt, dürfte nicht leicht Jemand läugnen wollen. Dass, was an und für sich nicht merkwürdig ist, die Contractur eines Augenmuskels (und damit ist die Grundlage für concomitirenden Strabismus gegeben), durch Convulsionen bedingt werden kann, ist in einem Falle von Javal *„sans doute possible“* constatirt worden. Endlich: Myopie mit Strabismus convergens und Nystagmus. In einem solchen Falle wurde durch die operative Heilung des Strabismus der binoculare Sehact hergestellt und (sicherlich in Folge dieses Umstandes) auch der Nystagmus geheilt.

Gehen wir jetzt vom Strabismus convergens zum Strabismus divergens über. Da haben wir verhältnissmässig leichte Arbeit. Convergiren können alle Augen, und wir müssen daher erörtern, welche Momente eine pathologische Convergenz hervorzurufen geeignet sind. Divergiren, d. h. absolut divergiren, die Blicklinien divergent stellen, können aber die Augen im Allgemeinen nicht, wir können daher nicht nach derselben Schablone erörtern, welche Momente pathologische Divergenz erzeugen können, da eine solche nie entstehen kann, wenn nicht ein abnormes Uebergewicht der Externi über die Interni existirt. Inwiefern die Myopie Ursache von Insufficienz der Interni werden und zur Exclusion Eines Auges durch relative Divergenz (relativ zur Lage des Objectpunktes) führen kann, haben wir früher erörtert und auch schon angeführt, dass wirklicher Strabismus divergens nur in abnormem Uebergewicht der Externi wurzele. Ein Theil der Myopen, allerdings nur ein verschwindend kleiner Bruchtheil aller Myopen und auch nur ein unbedeutender Theil der hochgradigen Myopen zeigt Strabismus divergens. Wir müssen daher vor Allem fragen, ob abnormes Uebergewicht der Externi im ursächlichen Zusammenhange mit Myopie steht. Schuurman fand bei der Untersuchung von 16 Myopen den erreichbaren Grad von Divergenz im Mittel = Prisma $5{\cdot}8^0$ (gegen $3{\cdot}9^0$ bei Emmetropie), Reich für 26 Myopen ein Mittel von etwas mehr als 6^0 (gegen 5^0 bei Emmetropie und fast 6^0 bei Hypermetropie). Ein wesentliches Uebergewicht der Externi über die Interni bei Myopie ist aus diesen 2 Untersuchungsreihen durchaus nicht zu ersehen. Man muss also fragen, ob

unter Umständen ein stärkeres Uebergewicht der Externi bei Myopie zur Entwicklung kommt. Schuurman sagt: Bei Myopie liegen die Augen in Folge einer Vorrückung des verlängerten Bulbus im Allgemeinen mehr oberflächlich. Da der Abstand der Hornhaut von den scleralen Muskelinsertionen nahezu derselbe geblieben ist, wird die Vergrösserung des Augapfels eine Dehnung der geraden Augenmuskeln zur Folge haben. Am meisten wird der Rectus externus gedehnt werden, weil wegen der Innenlage seines Ursprungs seine Insertionsstelle in Folge der Bulbusdehnung nicht bloss nach vorn wie beim Internus, sondern auch nach aussen verrückt werden wird, und weil er zum grossen Theile um den Bulbus gewunden ist, daher die Dehnung der entsprechenden Bulbuswand den Bogen des Rectus externus unmittelbar zu vergrössern sucht. Die elastischen Kräfte der Muskeln werden vermehrt, jedoch die des Rectus externus in höherem Maasse, als jene des Internus. Da durch die elastischen Kräfte dieser zwei Muskeln das Auge im Gleichgewicht gehalten wird, wird eine Drehung nach aussen erfolgen und für jede bestimmte Augenstellung eine erhöhte Wirkung des Rectus internus nöthig werden. Mannhardt fasst, wie wir sahen, die Sache ziemlich entgegengesetzt auf. Nach ihm ist das Uebergewicht der Externi nicht Folge, sondern Ursache der Myopie und in einer besonderen Schädelbildung begründet, welche einen grossen Abstand der Augendrehpunkte und einen grossen Winkel zwischen den Orbitalaxen mit sich bringt. Das letztere Moment muss ein Uebergewicht der Externi bedingen. Doch ebenso wenig, als die Myopie wirklich an eine bestimmte Schädelbildung gebunden ist, ebensowenig kann den von Schuurman hervorgehobenen Momenten eine besondere Bedeutung zugemessen werden, schon darum nicht, weil ja gleiche Ursachen gleiche Folgen erzeugen müssten, daher bei allen hochgradigen Myopen Strabismus divergens sich entwickeln würde, weil ferner die Protrusion der Bulbi bei Myopie durchaus nicht als „im Allgemeinen vorkommend" bezeichnet werden kann und auch bei den divergirend Schielenden nicht besonders hervortritt, weil endlich den Rectis internis eine etwas zu passive Rolle zugeschrieben wird und eine mit den Widerständen wachsende Massenzunahme derselben angenommen werden könnte — eine Annahme, welche dem bei Myopie thatsächlich so wenig vergrösserten Fernabductionsvermögen gegenüber einen guten Halt hätte. Was endlich den Winkel γ, den Winkel zwischen Blicklinie und Hornhautmitte anlangt, so haben wir schon erwähnt, dass ein kleiner Winkel γ eigentlich nicht wirkliches Uebergewicht der Externi bedingen kann. Wenn jedoch die Augen ursprüng-

lich z. B. je einen Winkel γ von $+ 10^0$ zeigten, also das vordere Ende der Blicklinie um 10^0 nach innen von der Hornhautmitte, die Fovea centralis demnach um 10^0 nach aussen vom hinteren Ende der Hornhautmittenlinie gelegen war und wenn in Folge der Ausdehnung des Bulbus die Fovea centralis sich immer mehr dem hinteren Bulbuspol nähert, ihn erreicht und schliesslich gar an seine innere Seite, z. B. 5^0 nach innen rückt. der Winkel γ also Null oder negativ, etwa $= - 5^0$ wird, d. h. die Blicklinie mit der Hornhautmitte zusammenfällt oder nach aussen von derselben zu liegen kommt, dann brauchen die Muskelkräfte hierbei nicht die geringste Aenderung erfahren zu haben, aber die gleiche Stellung der Augen, welche ursprünglich dem Parallelismus der Blicklinien entsprach, entspricht jetzt absoluter Divergenz der Blicklinien, im speciellen Falle einer solchen von 30^0. Aber man darf eben nicht vergessen, dass der Winkel γ auch bei Myopie gross sein kann, und dass andererseits die thatsächliche Abnahme desselben zu geringfügig ist, um Ursache des Strabismus divergens zu werden. Dass es mit diesen und ähnlichen Gründen, welche das Uebergewicht der Externi bei Myopie erklären sollen, nicht recht geht, hat schon v. Graefe eingesehen. „Wir müssen," sagt v. Graefe, „der musculären Prädisposition, für welche ganz unabhängig vom Refractionszustande der hereditäre Einfluss nachweisbar ist, einen sehr breiten Spielraum zuerkennen; sonst wäre es unverständlich, dass bei geringen Graden von Myopie, bei welcher die Formveränderung des Bulbus kaum irgend einen Einfluss auf die Beweglichkeitsverhältnisse und auf die Lage der Sehlinien beziehungsweise zu den Hornhautaxen ausüben kann, doch oft eine ausgeprägte Störung des lateralen Gleichgewichts existirt, während dieselbe bei hohen Myopiegraden gänzlich fehlen kann. Auch sah ich in Familien, in denen nicht alle Mitglieder myopisch waren, zuweilen das Muskelleiden selbst auf diejenigen vererbt, welche mit einem ganz normalen Brechzustand begabt waren." Das Resumé ist, dass in der That, wenn bei Myopie Uebergewicht der Externi häufiger als sonst vorkommt, dasselbe nicht in zwingendem Zusammenhange mit dem Langbau steht, sondern als eine Thatsache hingenommen werden muss.

Die Fragestellung in Betreff des Zusammenhanges zwischen Myopie und Strabismus divergens muss nach dem Gesagten so formulirt werden: Wird, falls Uebergewicht der Externi vorhanden ist, sich bei gleichzeitiger hochgradiger Myopie Strabismus divergens leichter entwickeln, als wenn die Augen keinen Baufehler zeigen? Diese Frage ist es, die entschieden bejaht werden muss. Man beobachtet im Spe-

ciellen Folgendes: Hochgradige Myopen, welche beim Sehen in die Nähe Ein Auge ausschliessen, zeigen bei diesem Act bald absoluten divergirenden Strabismus, falls Uebergewicht der Externi besteht. Entfernt man das Fixationsobject allmälig, so kann es geschehen, dass in Abständen, welche jenseits des Fernpunkts liegen, aus welchen aber noch einigermassen deutliche Bilder entworfen werden, wieder binocular fixirt wird. In dem Fernpunktsabstande von 4" z. B. wird der Myope aus früher erörterten Gründen von Doppelbildern nicht gestört. Rückt das Fixationsobject aber auf 8" zurück, so würde das Object undeutlich in Doppelbildern gesehen, und ist noch den Muskelverhältnissen nach die richtige Einstellung der Augen möglich, dann erfolgt sie auch und hält so lange an, bis jedes Netzhautbild so undeutlich wird, dass von einem störenden Doppelsehen nicht mehr die Rede ist. Weicht man also in dem genannten Falle mit dem Fixationsobject immer weiter zurück, so sieht man etwa bei einem Abstande von 16—18" trotz der verhältnissmässig wesentlich erleichterten Convergenz wieder den Strabismus auftreten und natürlich auch beim Blicke nach entfernten Objecten nicht mehr weichen. Die Myopie ist also die Ursache, wesshalb in der deutlichen Sehweite und beim Blick in die Ferne Strabismus divergens sich zeigt, das Uebergewicht der Externi allein ohne Myopie würde nicht zum Schielen geführt haben. Wenn man solche Myopen mit den corrigirenden oder nahezu corrigirenden Concavgläsern ausstattet, so verschwindet auch der Strabismus divergens beim Fernblick. Ein anderer Theil hieher gehöriger Myopen, welche Brillen für die Ferne tragen, zeigt in der That beim Fernsehen richtige Einstellung der Augen und nur beim Nahesehen mit unbewaffnetem Auge Aussenschielen. Eine besondere Art solcher Myopen verdient noch namentlich Erwähnung. Es gibt Myopen, welche Brillen für die Ferne tragen und auch damit gut sehen, bei denen aber Strabismus divergens beim Fernsehen in Entwicklung begriffen ist. Untersucht man genauer, so kann man finden, dass nur Ein Auge durch das Glas corrigirt wird, das andere aber viel höhere Myopie zeigt, das erstere z. B. $M^1/_{15}$, das letztere $M^1/_5$ mit herabgesetzter Sehschärfe. Besteht gemeinschaftlicher Sehact, so kann man durch Correction der Myopie jedes Auges den Fern-Strabismus wieder verschwinden machen. Das sind die verschiedenen Erscheinungen bei sich entwickelndem Strabismus divergens. Es ist klar, dass, wenn kein gemeinschaftlicher Sehact existirt, Strabismus divergens sich in Folge der in Rede stehenden Kraftverhältnisse der Muskeln immer entwickeln wird, und es ist ebenso klar, dass, wenn das beim Sehen in die Nähe zunächst ausgeschlossene Auge nach einer

bestimmten Zeit, wie die Erfahrung zeigt, das Doppelbild nicht mehr sieht, der gemeinschaftliche Sehact also verloren gegangen ist, der Strabismus divergens für alle Objectsabstände gegeben ist und durch das Tragen von Fernbrillen nicht wieder zum Verschwinden gebracht werden kann. Es ist endlich ebenso einleuchtend, dass, wenn Eines der Augen in Folge einer schweren, etwa mit der Myopie im Zusammenhange stehenden Erkrankung so amblyopisch wird, dass ein zum Sehen verwendbares Bild nicht mehr zu Stande kommt, auch beim Brillenträger Strabismus divergens sich einstellen wird, wie ja auch bei Emmetropie ein durch Cataracta erblindetes Auge nach aussen ablenkt, falls bestehendes Uebergewicht der Externi diese Stellung fordert.

Endlich sei noch erwähnt, dass Strabismus divergens auch bei Hypermetropie vorkommt. Entweder ist ein Auge emmetropisch, und nur das nach aussen abgelenkte zeigt hochgradige Hypermetropie, oder es zeigen beide Augen Hypermetropie. Die Ablenkung scheint zu erfolgen wegen Mangels des gemeinschaftlichen Sehactes und vorhandenen Uebergewichtes der Externi. Doch glaubt Reich, dass Hypermetropie und Strabismus divergens in einem ursächlichen Zusammenhange stehen. Nach Reich soll sich besonders bei höhergradiger Hypermetropie Strabismus divergens dann entwickeln, wenn die Augen nicht von früher Jugend angefangen die nöthigen Convergenzen lernen, sondern in relativ spätem Alter plötzlich grosse Anforderungen an die Interni gestellt werden, denen diese nun nicht nachzukommen vermögen.

Zwei und zwanzigste Vorlesung.

Die Zeichen des hypermetropischen und myopischen Auges. Ophthalmometrie der emmetropischen und ametropischen Augen.

Zuletzt, doch nicht als Letztes, haben wir, ehe wir uns der Therapie der Ametropie zuwenden, uns, meine Herren, damit zu beschäftigen, welche Anzeichen etwa, abgesehen von der optischen Prüfung, für die Erkenntniss des hypermetropisch und myopisch gebauten Auges am Lebenden gegeben sind, und welche Resultate die Untersuchung, Messung des lebenden ametropischen Auges liefert.

In ersterer Hinsicht ist man gewohnt, gewisse Eigenthümlichkeiten als charakteristisch für den ametropischen Bau der Augen anzusehen. Donders namentlich hat diese äusseren Zeichen genauer definirt. Das hypermetropische Auge ist ein kleines Auge, und wiewohl nach

allen Richtungen kleiner, als das emmetropische, so ist es doch namentlich im Diameter antero-posterior verkürzt. Die Folge davon ist, dass der Querdurchschnitt eines solchen Auges einer Ellipse mit transversaler grosser Axe gleicht, daher, wenn wir einen Hypermetropen anschauen, uns die flache Krümmung der Sclerotica nächst der Cornea, dagegen die starke Krümmung derselben im Aequator bulbi auffällt, welch' letzterer dadurch zu Gesichte kommt, dass wir das Auge stark gegen die Nase wenden lassen. Eine fernere Eigenthümlichkeit des hypermetropischen Auges ist die, dass die vordere Kammer weniger tief und die Pupille enger ist, als bei emmetropischen Individuen des entsprechenden Alters. Während wir sonst nur bei alten Leuten, wie wir hören werden, enge Pupille und vordere Kammer finden, zeigt schon der jugendliche Hypermetrope ein solches Bild. Dazu kommt weiter, dass bei Hypermetropie die Blicklinie stark nach innen von der Hornhautmitte durch die Hornhaut geht. In Folge dieser grossen Werthe der Winkel γ scheinen die Augen zu divergiren. Den Eindruck eines Strabismus divergens vermöchte aber eigentlich ein solches Verhalten, falls, wie Donders fand, die Winkel γ in beiden Augen gleich oder nahezu gleich sind, nicht zu erzeugen, da wir ja doch bei Strabismus Ein Auge eine Vorzugsstellung, die Fixationsstellung einnehmen sehen. Endlich gesellt sich zu alledem noch eine besondere Gesichtsformation, welche „mit dem flachen Bau der Orbita“ im Zusammenhange zu stehen scheint. „Die Augenhöhlenränder,“ heisst es bei Donders, „sind platter, weniger gekrümmt, das ganze Antlitz erscheint abgeflacht und nur wenig vorragend, die Wangen sind wenig gerundet, weil die Vorderfläche des Antlitzes rasch in die flache Seitenfläche übergeht.“ Nase platt, Nasenwurzel flach, der gegenseitige Abstand der Augen, ebenso jener der Orbitae, in specie der äusseren Orbitalränder, gross. Bei einseitiger Hypermetropie ist das Gesicht asymmetrisch, auf der Seite des hypermetropischen Auges allein zeigen sich die eben beschriebenen Charaktere.

Das myopische Auge ist in seinem sichtbaren Bau das gerade Widerspiel des hypermetropischen. Nur selten in allen Dimensionen, zumeist in der Richtung der Augenaxe verlängert, bietet es dann auf dem Querdurchschnitte eine Ellipse mit sagittaler grosser Axe dar; scharf, gleichsam die Krümmung der Hornhaut fortsetzend, fällt die Sclerotica vom Hornhautrande nach rückwärts ab: lässt man das Auge stark nach innen wenden, so beobachtet man am Aequator eine ganz schwache Krümmung, durch die Bindehaut hindurch kann die Sclerotica an dieser Stelle ganz flach zu verlaufen scheinen. Die vordere Kammer ist

tief, Pupille weit, Winkel γ klein, oder Null oder negativ, daher die Augen zu convergiren scheinen. Der Schädel- und Gesichtsbau nach Mannhardt dem von Donders geschilderten Gesichtsbau des hypermetropischen Auges entgegengesetzt, nur mit dem Unterschiede, dass, während Donders die Augen bei Hypermetropie weit von einander abstehen lässt, Mannhardt für Myopie eine grosse Drehpunktedistanz, für Hypermetropie dagegen eine kleine annimmt. Während endlich nach Donders das hypermetropische Auge bald tief, bald flach liegt, wird bei hochgradiger Myopie eine Prominenz des Auges sichtbar werden und bei einseitiger oder einseitig stärker entwickelter Kurzsichtigkeit das betreffende Auge stärker prominiren.

Bei dieser ganzen Darstellung wird Ihnen gewiss Eines sofort auffallen. Wir haben gesehen, wie geringe Axenänderungen genügen, um hohe Grade von Ametropie zu erzeugen. Bedenken wir, dass, um $H^1/_{10}$ zu erzeugen, das reducirte Auge nur um 1·03 Millimeter verkürzt zu werden braucht, ja dass eine Verkürzung um kaum mehr als Eine Pariser Linie genügt, um aus dem emmetropischen reducirten Auge ein Auge mit $H^1/_4$ zu machen [1]). Bedenken wir, dass zur Erzeugung von $M^1/_{10}$ nur eine Axenverlängerung von 1·2 $M^{m.}$, von $M^1/_6$ eine solche von 2·1 $M^{m.}$ und von $M^1/_4$ keine grössere als von 3·31 $M^{m.}$ nöthig ist [2]). Wenn wir zwei enucleirte Augen neben einander liegen haben, so wäre jenes Augenmass bewundernswerth, durch welches mit Bestimmtheit Differenzen der Axenlänge von weniger als 1 Millimeter erkannt würden, und da wollte man Solches am Lebenden ersehen? Und wie soll eine Differenz von 1 $M^{m.}$ auf die ganze Form des Bulbus so verändernd wirken, dass man das eine Mal eine verstärkte Krümmung, das andere Mal eine deutliche Abflachung im Aequator sollte wahrnehmen können. Dass die Constanten und die Axenlängen des wirklichen Auges mit denen des schematischen nicht übereinstimmen, ändert an dem eben Gesagten sehr wenig, da die Aenderungen der Axenlänge zum Zwecke der Erzeugung von Ametropie in diesem Falle unmerklich andere wären, als bei Zugrundelegung des schematischen Auges. Was aber das Wichtigste ist, das ist der Umstand, dass ja die gleiche Axenlänge bei Emmetropie, sowie bei hochgradiger Ametropie vorkommt [3]), daher schon aus diesem Umstande hervorgeht, dass nur bei extremen Graden von Ametropie mit Sicherheit die bestehende Anomalie aus der äusseren Form des Auges erschlossen werden kann. Auch darf man nicht glauben, dass eine bestimmte

[1]) S. pag. 164. — [2]) S. pag. 166. — [3]) S. pag. 423.

Schädelbildung mit dem Bau der Augen in zwingendem Zusammenhange stände; es würden dann bestimmte Nationen hypermetropisch, andere myopisch sein; das trifft aber nicht zu — wie wir schon früher erwähnten [1]). Am charakteristischsten, wiewohl auch durchaus nicht allgemein zutreffend, ist noch das Verhalten der Pupille und der vorderen Kammer. Sieht man bei jungen Individuen enge Pupillen mit enger vorderer Kammer, so deutet das auf Hypermetropie, während weite Pupillen mit Vertiefung der Kammer auf Myopie hinweisen. Ebenso hat die grössere Divergenz der hypermetropischen Augen, die stärkere Convergenz der myopischen etwas für sich. Dass man trotz des Gesagten nicht selten den Bau der Augen vor der optischen Untersuchung richtig trifft, kommt daher, dass man die Diagnose ex juvantibus macht. Kommt ein junges Individuum mit asthenopischen Beschwerden, sind bei flachem Gesichte die Pupillen nicht weit (wenn auch vielleicht nicht so enge, dass diess unter anderen Umständen auffallen würde), zeigt sich im Aequator bulbi zwar keine stärkere Krümmung, aber auch keine deutliche Abflachung, so wagt man die Diagnose des hypermetropischen Baues, und hat auch, wie die nachfolgende Prüfung erweist, häufig Recht. Aehnliches gilt für Myopie, die nicht von hohem Grade ist. Aber man kann sich bei solchen Diagnosen ganz gewaltig irren, indem kein oder der entgegengesetzte Baufehler existirt. Ich habe diesem Gegenstande seit langer Zeit meine Aufmerksamkeit zugewendet und in vielen Fällen, in welchen ein optischer Fehler vermuthet wurde, zumeist vor der Augenspiegel- und Gläserprüfung den äusseren Bau des Auges zu Protokoll dictirt und habe so wenigstens für meine Person das Ungenügende des äusseren Ansehens zur Sicherstellung des Augenbaues hinlänglich erprobt.

Naturgemäss müssen wir jetzt zur Frage übergehen, ob wir durch exacte Untersuchungsmethoden Aufschlüsse über den dioptrischen Apparat und die Axenlänge des individuellen Auges erlangen können. Was die optischen Medien und zunächst deren Brechungsindex anlangt, so haben wir früher einige für Kammerwasser und Glaskörper gefundene Werthe kennen gelernt, während über den Brechungsindex der lebenden Linse bisher nichts Sicheres bekannt ist. Begreiflicher Weise kann von einer Bestimmung der Indices des lebenden Auges in einem speciellen Falle (wenigstens ernstlich) nicht die Rede sein. Den Bau der Hornhaut und die optische Wirkung des Hornhautsystems, sowie den Abstand der Linse von der Hornhaut, Dicke der Linse und Krümmung ihrer

[1]) S. pag. 478.

Flächen wäre die Messungsaufgabe. Da aber die Frage über die Wirkung des Linsensystems ohne Kenntniss des Brechungsindex der Linse nicht absolut gelöst werden kann, andererseits aber, für die Augen eines bestimmten Baues den gleichen Index gesetzt, auch relative Werthe gewonnen durch eine grössere Zahl von Bestimmungen an em- und hochgradig ametropischen Augen nicht vorliegen, so ist es die Hornhaut allein, über die wir gegenwärtig uns genauer verbreiten können — doch gilt selbst da ein Vorbehalt. Nur die äussere Fläche der Hornhaut des lebenden Auges bietet sich der Messung dar, die innere, vom Kammerwasser bespülte entzieht sich der Messung. Wir haben bisher diese letztere als mit der äusseren concentrisch, die Hornhaut also als ein uhrglasförmiges Gebilde betrachtet und werden diess auch ferner thun.

Die Fragen, die sich in Betreff des optischen Baues der Hornhaut in jedem speciellen Falle aufdrängen, sind: Welches ist der Radius der Hornhaut in der Gesichtslinie? Wie liegt die Gesichtslinie zur Hornhautmitte und falls die Axe der uns schon als ellipsoidisch bekannten Hornhaut nicht durch deren Mitte gehen sollte, auch zur Hornhautaxe? Welches ist die Krümmung der Hornhaut in ihren einzelnen Meridianen? Wie gross sind ihre Durchmesser, d. h. wie gross die Sehnen der Hornhautbogen in verschiedenen Meridianen?

Als das gegenwärtig gebräuchlichste Instrument zur Messung der Hornhaut haben wir das Helmholtz'sche Ophthalmometer kennen gelernt und dessen Princip genau erörtert. [1]) Mit Hilfe zweier vollkommen planparalleler Glasplatten, die sich durch eine entsprechende Schraubenvorrichtung um gleiche aber entgegengesetzte Winkel drehen, wird ein kleines Hornhautbildchen gemessen und aus dessen Grösse β, sowie aus der bekannten Grösse b des Objects und aus des letztern gleichfalls bekanntem Abstande a von der Hornhaut der Halbmesser der Hornhaut am Orte der Spiegelung mit Hilfe der Formel $r = \frac{2\,a\,\beta}{b}$ berechnet. Bei der Helmholtz'schen Methode ist $\frac{2\,a}{b}$ eine constante Grösse, d. h. man lässt die Grösse des Objects und dessen Abstand von der Hornhaut unverändert. Bei der Messung kommt es daher darauf an, durch Drehung der Ophthalmometerplatten das Hornhautbildchen genau zu verdoppeln.

Man kann nach Coccius aber auch anders verfahren. Man kann das Hornhautbildchen für alle Messungen unverändert lassen, dagegen

[1]) S. pag. 45.

die Grösse des Objects oder dessen Abstand von der Hornhaut ändern. Das erstere (Aenderung der Objectsgrösse) ist bequemer als das letztere. Gesetzt, es hätte bei einer bestimmten Messung das Object b (bei dem Abstande a) eine bestimmte Grösse, und ich musste bei der Messung der Krümmung einer Hornhautstelle die Platten z. B. um einen Winkel α drehen, damit das charakteristische Bild der sechs Leuchtpunkte [1]) $\dot{a}\ \dot{b}\ \overset{\alpha}{\dot{c}}\ \overset{\beta}{\cdot}\ \overset{\gamma}{\cdot}$ wie nebenstehend zu Stande käme. Messe ich hierauf eine andere Hornhaut oder eine andere Stelle derselben Hornhaut, während ich an dem ganzen Apparate nichts ändere, also nebst a und b auch $\sphericalangle\ \alpha$ ungeändert bleibt, so bemerke ich z. B. dass Leuchtpunkt c jetzt nicht mehr in der Mitte zwischen α und β, sondern näher an β als an α steht $\dot{a}\ \dot{b}\ \overset{\alpha}{\cdot}\ \overset{\beta}{\dot{c}}\ \overset{\gamma}{\cdot}$, ein Umstand, der eine Vergrösserung des Bildes anzeigt. Will ich jetzt nach Helmholtz messen, so drehe ich die Platten weiter, bis c wieder genau in die Mitte zwischen α und β fällt und lese am Instrument den neuen grösseren Drehungswinkel α' ab. Damit sind die Daten für die Berechnung von r gegeben, resp. ich sehe den neuen Radius in den angefertigten Tabellen ein. Will ich nach Coccius messen, so berühre ich die Schraube des Ophthalmometers nicht, lasse also den Einfalls-Winkel α ungeändert, verkleinere aber das Object in der Art, dass die drei Lichtquellen A, B, C mittelst einer Vorrichtung einander näher gerückt werden so zwar, dass während der Abstand AB sich nicht ändert, C und O (die Mitte zwischen A und B) der Ophthalmometeraxe sich gleichmässig nähern. Indem ich das Object verkleinere, wird auch das Hornhautbild kleiner und bei einer bestimmten Annäherung der Lichtquellen wird c wieder genau mitten zwischen α und β stehen. Während bei der Helmholtz'schen Messung die Constante $\frac{2a}{b}$ mit dem zu bestimmenden Werthe β multiplicirt werden muss, wird bei der Coccius'schen Methode, indem der Werth von β ein für allemal gemessen wird und a ungeändert bleibt, $2a\beta$ zur Constanten, welche durch den jeweilig zu eruirenden Werth von b zu dividiren ist.

Nehmen wir für das Instrument, mit dem wir arbeiten, einen concreten Fall. Der ganze Apparat ist so aufgestellt, dass $a = 1250\,\text{M}^{\text{m}}$, $b = 500$ M., $\frac{2a}{b}$ also $= 5$. In einem bestimmten Falle werde das

[1]) S. pag. 51. Fig. 15.

Hornhautbild durch eine Drehung der Platten um 20·6° verdoppelt. Dieser Drehungswerth entspricht in unserem Instrumente einer Grösse von 1·4 M^{m}·. Der Radius ergibt sich daher in diesem Falle $= \frac{2a}{b}\beta$ $= 5 \times 1{\cdot}4 = 7$ M^{m}·. In einem anderen Falle müssen wir, während a und b ungeändert bleibt, zur Messung des Hornhautbildchens die Platten um 23·2° drehen, ein Werth, welcher einer linearen Grösse von 1·6 M^{m}·, daher einem Radius von $5 \times 1{\cdot}6 = 8$ M^{m}· entspricht.

Nach Coccius drehe ich die Ophthalmometerplatten ein für allemal um einen bestimmten Winkel, z. B. einen solchen von 20·6°. β ist dann constant und gleich 1·4 M^{m}·. Lassen wir $a = 1250$, so ist jetzt die Constante $= 2\,a\,\beta = 3500$. Muss das veränderliche Object b in dem ersten Fall die Grösse von 500 M^{m}· haben, damit das Postulat der richtigen Einstellung der Reflexbilder auf der Hornhaut erfüllt werde, so ergibt sich $r = \frac{2\,a\,\beta}{b} = \frac{3500}{500} = 7$ M^{m}·. Im zweiten Falle wird die richtige Einstellung erzeugt, wenn b bis auf 437·5 M^{m}· verkleinert wird, denn dann ist $r = \frac{3500}{437{\cdot}5} = 8$ M^{m}·

Die letztere Messungsmethode mit dem Helmholtz'schen Ophthalmometer führte Coccius dazu, ein neues Ophthalmometer zu construiren, welches er zum Gegensatze von dem Helmholtz'schen Instrumente, dem „Doppelplattenophthalmometer" mit dem Namen des „Doppelbrechungsophthalmometers" belegte. Es ist klar, dass es gleichgiltig ist, ob ich die Verdoppelung des gespiegelten Objectes durch Drehung von planparallelen Platten oder auf irgend eine andere Weise ausführe. Coccius nahm nun, anstatt der planparallelen Platten, welche das Fernrohr des Helmholtz'schen Instrumentes abschliessen, einen „im Innern ganz reinen, an seinen schiefen Endflächen ganz plan geschliffenen und in der Axe des Fernrohres genau centrirten" Krystall des doppelbrechenden isländischen Kalkspats, einen Krystall von solcher Güte, wie ihn die sogenannten Dichroiscope darstellen. Blickt man durch einen solchen doppelbrechenden Krystall nach einem in Millimeter getheilten Massstabe, so wird letzterer doppelt gesehen etwa in der Art, dass der Nullpunkt des einen Bildes mit dem Theilstrich 3 des anderen Bildes zusammenfällt. Die durch einen solchen Krystall erzeugte constante lineare Ablenkung beträgt dann 3 M^{m}·. Ehe ein solcher Krystall zur Verwendung genommen wird, begnügt man sich nicht mit der eben genannten rohen Prüfung, sondern prüft noch mit Mikroscop und Glas-

micrometer und controlirt mit Theilungen von verschiedener Feinheit und verschiedenem Abstande. Wenn man bei diesen verschiedenen Prüfungen genau übereinstimmende Resultate erhält, so kann der Krystall immer zu dem in Rede stehenden Zwecke verwendet werden; besonders brauchbar aber ist er dann, wenn die Ablenkungsgrösse „scharf in ganzen oder halben Millimetern, nicht in complicirten Brüchen eines Theiles von 1 $M^{m\cdot}$ ausfällt". Das Princip der Messung mit einem solchen Krystall, ist, wie schon angedeutet, dasselbe, wie mit dem Helmholtz'schen Instrumente bei constantem Ablenkungswinkel der Platten. In praxi wird das Coccius'sche Ophthalmometer von seinem Erfinder so verwendet, dass der Abstand des Objects von der Hornhaut mit $20'' = 540\ M^{m\cdot}$ und dass als Object nicht 3, sondern nur 2 Lichtflammen dienen. Ist die Ablenkungsgrösse des Krystalls $= 3\ M^{m\cdot}$, so werden, falls das Hornhautbild genau 3 $M^{m\cdot}$ misst, Anfangs- und Endpunkt des Bildes sich decken, es wird also b mit α zusammenfallen, man wird nur 3 Leuchtpunkte sehen $\overset{a}{\cdot}\ \underset{\alpha}{\overset{b}{\cdot}}\ \underset{\beta}{\cdot}$. Will man stets diese Einstellung erzielen, dann ist, da $a = 540\ M^{m\cdot}$ und $\beta = 3\ M^{m\cdot}$, die Constante $= 2\,a\beta = 2 \times 540 \times 3 = 3240$. Ergibt sich in einem speciellen Falle $b = 405$, dann ist $r = \frac{3240}{405} = 8\ M^{m\cdot}$. Wir wollen hier gleich erwähnen, dass eine solche Einstellung, bei welcher 2 Leuchtpunkte sehr genau zur Deckung gebracht werden müssen, in praxi schwierig ist. Da ist aber leicht zu helfen, wenn man die zweite Einstellungsmethode von Coccius verwendet. Verschiebt man nämlich $a\,b = 3\ M^{m\cdot}$ nicht um die ganze, sondern nur um die halbe Grösse, dann wird sich das Bild auf der Hornhaut so darstellen, dass vier Punkte erscheinen in der Art $\overset{a}{\cdot}\ \underset{\alpha}{\cdot}\ \overset{b}{\cdot}\ \underset{\beta}{\cdot}$, dass $a\alpha = \alpha b = b\beta = 1{\cdot}5\ M^{m\cdot}$. Die letztere Einstellung, bei welcher es nur darauf ankommt α genau in die Mitte zwischen a und b zu stellen, entspricht demnach der halben Ablenkungsgrösse des Krystalls. Für diese Einstellung ist, wenn die totale lineare Ablenkung des Krystalls 3 $M^{m\cdot}$ beträgt, $\beta = 1{\cdot}5\ M^{m\cdot}$, die Constante $= 2\,a\beta = 2 \times 540 \times 1{\cdot}5 = 1620$. Beträgt, um diese Einstellung zu erzielen, im speciellen Falle der Lichterabstand b $202{\cdot}5\ M^{m\cdot}$, dann ist $r = \frac{1620}{202{\cdot}5} = 8\ M^{m\cdot}$ Coccius hat diese Methode der doppelten Art der Einstellung zweier Flammenbilder auch bei Anwendung eines constanten Ablenkungswinkels des Helmholtz'schen Instrumentes zur Controle der Messungsresultate geübt.

Die neuesten Methoden, welche zur Bestimmung des Cornealhalbmessers angewendet wurden, verlassen wieder das ophthalmometrische Princip. Mandelstamm und Schoeler (1872) verwenden ein Instrument, Mikrooptometer, vorzugsweise bestimmt zur Feststellung der Lage und Krümmung der Linsenflächen, auch zur Messung des Hornhautradius, wobei ein auf der Hornhaut von einem fernen Objecte entworfenes, durch 2 Leuchtpunkte charakterisirtes Bild mit Hilfe eines Mikroscopes (welches der wesentliche Bestandtheil des Mikrooptometers ist) und eines Mikrometers direct gemessen wird — wie dies in ähnlicher Weise die Forscher vor Helmholtz thaten. Donders (1872) zieht auch zur Messung der Hornhautkrümmung (sowie der Tiefe der vorderen Kammer) ein kleines Mikroscop in Anwendung, aber das Princip der Messung ist ein ganz anderes. Mittelst eines kleinen, am Objectivende des Mikroscops angebrachten Planspiegels wird das Licht einer hinlänglich weit entfernten Flamme auf die Hornhaut geworfen. Man stellt das Mikroscop zunächst für die Oberfläche der Hornhaut, hierauf für das entferntere Reflexbild ein. Der lineare Werth der Verschiebung, die man hierbei mit dem Ocular machen muss, wird an einem mit dem Mikroscop in Verbindung gebrachten Massapparate abgelesen. Da das Bild des entfernten Gegenstandes um den halben Radius von der Hornhautspiegelfläche abstehend angenommen werden kann [1]), so ergibt sich, falls man z. B. den Abstand des Reflexbildes an einer Stelle der Hornhaut von dieser 4 M^m. findet, der Radius der betreffenden Hornhautstelle mit 8 M^m.

Was die beiden letztgenannten Methoden der Hornhautuntersuchung anlangt, so werden dieselben wohl nicht mit möglichst vollkommen gearbeiteten Ophthalmometern concurriren wollen. Zwischen dem Helmholtz'schen und dem Coccius'schen Instrumente besteht der Unterschied, dass während bei ersterem Alles auf die Vollkommenheit der Glasplatten und des dieselben bewegenden Schraubenapparates ankommt — bis zu einer gewissen Grenze können die Unvollkommenheiten des Apparates durch empirische Bestimmungen corrigirt werden — es sich bei dem Apparate von Coccius nebst der optischen Vollkommenheit des Kalkspathkrystalls darum handelt, mit welcher Genauigkeit die beiden Lichtquellen gleichmässig gegen die Ophthalmometeraxe bewegt und mit welcher Präcision der jeweilige Abstand zwischen den beiden Lichtquellen constatirt werden kann.

Wir heben hervor, dass die bisher von uns erwähnten und noch anzuführenden Hornhautmessungen mit dem Helmholtz'schen In-

[1]) S. pag. 54.

strument vorgenommen wurden und dass für Hornhautmessungen dem ganzen Apparate die folgende Einrichtung (Tafel III) gegeben ist. Der zu Untersuchende sitzt auf dem Stuhle *X* (für besonders lange Individuen ist ein niedriger Stuhl bereit, für kleinere werden ein oder mehrere Bretter auf den Sessel *X* aufgelegt) in der Weise, dass sein Kopf bei vollkommen ungezwungener Haltung des Oberkörpers in den Knapp'schen Kopfhalter *K* passt. Das Kinn ruht auf einer in der Zeichnung nicht sichtbaren Kinnstütze, die mit einem horizontalen Arm *t* (in der Zeichnung rechts) eingeschoben erscheint. Dabei wird das linke Auge gemessen. Bei Messung des rechten Auges wird der Kinnhalter links angebracht. Er kann mittelst einer Schraube höher und tiefer gestellt werden, so dass, während die Nase beim Nasenausschnitt *n* oder *n'* hervorschaut, das Auge in der Mitte der Oeffnung *A* und die Cornea 10 M^m. hinter derselben steht. Rechts und links kann in einer entsprechenden Vorrichtung ein schmales, am vorderen Ende sich etwas verbreiterndes Holzblättchen durchgesteckt und mit einer Schraube festgestellt werden, welches zur genauen Fixirung des Kopfes und dazu dient, dass der Untersuchte bei wiederholten Messungen stets die gleiche Kopfhaltung einnimmt. Auf das vordere breitere Ende des Brettchens wird nämlich vor der Messung Siegellack aufgetropft, das Brettchen an seinen Platz gebracht und nun der auf die Kinnstütze sich Stützende angewiesen, das durch die Oeffnung für den Mund *m* (resp. *m'*) durchgesteckte Brettchenende mit den Zähnen zu fassen und in die erkaltende Siegellackschichte beherzt einzubeissen. Sowie einerseits dadurch die Kopfstellung am besten festgehalten wird, wird dieselbe bei der nächsten Untersuchung, indem die Zähne wieder in den von ihnen gemachten Abguss eingreifen, am leichtesten und sichersten wiedergefunden; für intelligente Individuen, deren Prüfung man in Einer Sitzung beendigt, ist dieses complicirtere Verfahren nicht nothwendig. Da sorgt für die gehörige Fixirung des Kopfes der Polsterapparat, in welchem der Kopf mittelst einer rechten und linken Schraubenvorrichtung (die linke Schraube *p* ist sichtbar) fixirt wird. Die Stirne sollte dabei in den nach vorn ausgebogenen Theil *f* passen. Das geschieht aber nur in den allerseltensten Fällen, da dieser Ausbug des Knapp'schen Halters zu hoch über dem Nasenausschnitt angebracht ist, ein Umstand, der aber keine besondere Bedeutung hat. An dem Knapp'schen Kopfhalter, der in ausgezeichneter Weise zur Fixirung des Kopfes geeignet, ja zu ophthalmometrischen Messungen, ich möchte sagen, unentbehrlich ist und von Lipovsky in Heidelberg verfertigt wird, habe ich (indem ich auch erwähne, dass eine

Richtigstellung des Stirnausbugs wünschenswerth erscheint) einige kleine Aenderungen angebracht. Zunächst kommt es vor, dass manche grossen (es sind nicht immer die hellsten) Köpfe zwischen den Pölstern keinen Platz finden, wenn sie auf der Kinnstütze ruhen sollen. Ich habe deshalb die Pölster dünner machen lassen und damit die in ihren Dimensionen weniger bevorzugten Köpfe auch festgehalten werden können, ein additionelles Pölsterchen *u* angebracht, welches je nachdem das Kinn rechts oder links ruht, links oder rechts angeknöpft wird. Im Knapp'schen Kopfhalter ist ferner der Ausschnitt *A* für's Auge rechts und links gegen den Nasenausschnitt geschlossen. Da aber bei gewissen Bestimmungen das Auge einen weiten seitlichen Ausblick haben muss, wurde das Metall nach rechts und links bis in den Nasenausschnitt herausgenommen. Endlich sind noch zwei seitliche Löcher *l* und *l'* angebracht, die durch Klappen geschlossen werden können. Sieht nämlich das zu untersuchende Auge zu wenig, um zu fixiren und besteht keine Motilitätsstörung, so bringt man es, falls das zweite Auge noch hinlänglich sehtüchtig ist, in die Fixation, indem man die betreffende Klappe, hinter welcher das letztere Auge sich findet, zurückschiebt und mit diesem den betreffenden Punkt fixiren lässt. Ausserdem sind, wie ich bemerken will, diese Ausschnitte nothwendig, um mit Hilfe des übrigen Apparates den Ablenkungswinkel bei Strabismus mit grösster Leichtigkeit in Graden abzulesen, in jenen Fällen, in welchen das schielende Auge noch fixiren kann.

Auf der Höhe des Kopfhalters, über dem Nullpunkte der Gradeintheilung, den derselbe trägt, ist eine grosse Petroleumlampe *L* mit rundem Docht befestigt. Was die eben erwähnte Gradeintheilung anlangt, so dient dieselbe dazu, um die Drehungsgrösse abzulesen, wenn die den Kopf haltende Vorrichtung und also der Kopf mit ihr mittelst des Knopfes *r* um eine von vorn nach hinten gehende (sagittale) Axe rotirt, der Kopf also zur Seite geneigt wird. Von der Ansicht ausgehend, dass das Auge dem Kopfe in seiner Bewegung folgt, könnte man auf diese Weise, während der Beleuchtungsapparat unverändert bleibt, die Hornhaut in ihren verschiedenen Meridianen messen. Aber abgesehen davon, dass diese Seitenneigung des Kopfes besonders in den forcirten Stellungen, die einer stärkeren Drehung entsprechen, dem Untersuchten unangenehm ist und bis zu 90° überhaupt kaum ausgeführt werden kann und abgesehen davon, dass durch einen drehbaren Spiegelapparat bei vertical gehaltenem Kopfe der vorliegende Zweck viel leichter erreicht wird, hat es sich in neuerer Zeit herausgestellt, dass doch bei seitlicher Neigung des Kopfes eine geringe

Rollung des Auges nach der entgegengesetzten Richtung stattfindet. Wird also z. B. das linke Auge untersucht und neigen wir den Kopf um 40° nach links, so steht jetzt nicht ein Hornhautmeridian, der um 40° nach innen vom ursprünglich verticalen gelegen ist, vertical, sondern es ist, indem das Auge hierbei eine Rollung in der entgegengesetzten Richtung (nach rechts) um 4 bis 7° gemacht hat, jetzt ein Meridian, der nur um 36 bis 33° von dem ursprünglich verticalen differirt, vertical gestellt. Demgemäss zeigt uns der Index des Kopfhalters nur den Grad der Kopfneigung, aber nicht den Grad der Rollung des Auges an, wir wissen daher nicht, in welchem Meridian des Auges wir messen. Die ganze Drehvorrichtung des Kopfhalters könnte daher entfallen, wenn man nur einfach die Messung der Hornhaut in ihren verschiedenen Meridianen vor Augen hat. Trotzdem ist die Vorrichtung zu einem ganz anderen Zwecke, nämlich gerade dazu brauchbar, um in jenen Fällen, in welchen die Hornhaut in ihren einzelnen Meridianen wesentlich anders gekrümmt ist, durch die Doppelmethode: einerseits Messung der Hornhaut bei verticalem Kopfe und bei Aenderung des Lichtapparates, andererseits Messung der Hornhautmeridiane bei gleich bleibendem Lichtapparate und Aenderung der Kopfneigung einen Aufschluss über das Vorhandensein und den Grad der Rollung des Auges bei Seitenneigung des Kopfes zu erlangen; für diese letztere Messung müsste die Lampe *L* auf dem Kopfhalter verschiebbar gemacht werden, so dass sie immer an dem Orte *c* festgeschraubt werden kann. Der Knapp'sche Kopfhalter ist auf dem 24″ langen, 15″ breiten, 30″ hohen Tischchen *T* in der Art befestigt, dass der Streifen *(T)* des Tisches frei bleibt, auf welchen der Untersuchte die Arme aufzulegen hat.

Vor dem Kopfhalter ist der mit einem (inneren) Radius von 18 W. Z. = 474 M^{m}· beschriebene massive horizontale Gradbogen, welcher auf einem Dreifuss ruht und durch zwei seitliche Ständer gestützt wird, so aufgestellt, dass sein Centrum 24 M^{m}· hinter dem Ausschnitt für das Auge liegt. Vom Nullpunkte aus ist der Bogen nach rechts und links in 90° getheilt. Auf demselben sind die Visire *v* und *v'* sichtbar Am Rande des tragenden Brettchens ist ein kleiner Stab befestigt, der an seinem oberen Ende das nach vorn zugespitzte Visirzeichen trägt. Die beiden Visirzeichen haben verschiedene Farben (roth und weiss). An den Visiren ist eine Hülse auf- und abzuschieben, in die eine Wachskerze gesteckt werden kann. Sieht nämlich der Untersuchte zu wenig, um die Zeichen *s* und *s'* wahrzunehmen, so schraubt man dieselben ab, dreht die Kerze nach vorn und lässt die Kerzenflamme

fixiren, die durch allmäliges Höherstellen der Hülse in der gleichen Höhe erhalten wird. Ausserdem ist längs des Gradbogens die Vorrichtung *B* verschiebbar und feststellbar. Sie trägt auf dem verticalen Stäbchen eine horizontale Hülse, in welcher der 12" lange und getheilte Metallstab *M* vor- und zurückgeschoben werden kann. An jedem Ende des Stabes ein weisser Knopf und an dem einen Ende der verticale (übrigens um die horizontale Axe drehbare) Gradbogen *R*, beschrieben mit demselben Radius, wie der grosse horizontale Gradbogen und nach oben und unten in je 25° getheilt.

Vor dem Gradbogen ist der auf einen Dreifuss gestützte Spiegelapparat *S* angebracht, wie ihn Woinow beim Opticus Fritsch in Wien construiren liess. Der äussere Hohlcylinder *c* trägt die in 80 Centimeter getheilte Stange (Theilstrich 40 läge in der Axe des Cylinders) mit den planen Glasspiegelchen 1, 2, 3. Dieser Hohlcylinder ist sammt der Stange um den inneren Hohlcylinder drehbar, an welchem die Gradeintheilung ersichtlich ist. Ein am äusseren Cylinder befestigter Index gibt den jeweiligen Stand der den Spiegel tragenden Stange an. Am Theilstrich 360 unmittelbar über dem Rande des Hohlcylinders habe ich einen 4. kleinen Planspiegel anbringen lassen, welcher gewisse Messungen wesentlich erleichtert und als integrirender Bestandtheil des Apparates angesehen werden sollte. Die Spiegel 1, 2, 3 sind längs der Stange verschiebbar. Spiegel 4 braucht nicht verschoben werden zu können. Alle 4 Spiegel können mittelst eines Nussgelenkes nach allen Richtungen bis zu einem gewissen Masse gedreht werden. Die Verticalebene, in welcher die Gradeintheilung und mit ihr die Spiegelflächen von 1, 2, 3 liegen, ist vom Centrum des Ausschnittes *A* 1240 M^m^ entfernt. Vor dem Spiegelapparate endlich befindet sich der Tisch (6' lang, 18" breit, 34" hoch), auf welchem das Ophthalmometer ruht, zur rechten Seite des Instruments Bleistift und Papier, auf dem der Beobachter, für den, wie nicht schwer zu errathen, der Stuhl *Y* bestimmt ist, die einzelnen Messungsresultate notirt, zur linken Seite 2 Schirme, welche ein Wachslicht einerseits gegen den Beobachter, andererseits gegen das Auge des Beobachteten abblenden, und welches der Assistent zwischen Tisch und Spiegelapparat niederknieend ergreift, so oft er mit Hilfe einer Loupe die Grade am Instrumente abliest. Das Princip, nach welchem das Ophthalmometer gebaut ist, haben wir früher kennen gelernt [1]). Es ist das Fernrohr und an dem dem Spiegelapparate zugekehrten Ende desselben der kubische Kasten ersichtlich, welcher die Platten und das Triebwerk trägt, das sowohl durch die obere wie

[1]) S. pag. 50.

durch die untere Schraube in Bewegung gesetzt werden kann. Der Kasten mit den Platten kann um die Ophthalmometeraxe gedreht werden und eine Gradeintheilung von 5 zu 5 Graden zeigt das Mass der Drehung an. Das optische Instrument ruht auf einem mit Schrauben versehenen Dreifuss, kann in demselben höher und tiefer gestellt, sowie ausserdem um eine von rechts nach links und um eine von oben nach unten gehende Axe gedreht werden. In der gegen den Spiegelapparat gekehrten Oeffnung des Instrumentes ist ein weisses Fadenkreuz sichtbar. Diese Vorderöffnung wird bei Nichtgebrauch des Instrumentes durch eine mit einer Schraube versehene Metallplatte *i* geschlossen, das Instrument selbst mit einem Glaskasten zugedeckt, sowie auch die Spiegel des Spiegelapparates mit Lederkäppchen verhüllt werden.

Der ganze Apparat ist so zu reguliren, dass die Ophthalmometeraxe mit der Axe des Hohlcylinders des Spiegelapparates zusammenfällt und durch das Centrum des Augenausschnittes *A* geht. Der Gradbogen ist so zu richten, dass der durch den Nullpunkt gehende Radialstrich mit der Ophthalmometeraxe in Eine Verticalebene fällt und die Visirzeichen die Höhe des Mittelpunktes von *A* haben. Um die entsprechende gleiche Höhe aller einzelnen Vorrichtungen zu erzielen, kann sowie das Ophthalmometer auch der Kopfhalter, können ebenso auch der Gradbogen und der Spiegelapparat in ihren Dreifüssen höher und tiefer gestellt werden.

Das Ophthalmometer hat die richtige Anfangsstellung, wenn, falls der die Drehung des Instrumentes um seine Axe anzeigende Gradbogen auf Null zeigt, die Bilder bei Drehung der Platten genau in einer Horizontallinie verdoppelt werden. Eine nicht ganz richtige Anfangsstellung wird mit Hilfe der Schrauben, die sich an den Füssen des Instrumentes befinden, corrigirt.

Die richtige Anfangsstellung des Spiegelapparates wird durch ein Senkblei gewonnen, das vom Theilstrich 360 unterhalb des Spiegels 4 herabgelassen wird. Mit Hilfe der Schrauben des Dreifusses wird bewirkt, dass der Faden des Senkbleies durch den Theilstrich 180° geht. Dann entspricht die durch 360 und 180 gehende Linie genau der Verticalen, die Linie 90—270° ist horizontal. Eine ähnliche Schraubenvorrichtung am Dreifuss des Gradbogens sorgt für die feinere Einstellung dieses letzteren. Was speciell die so wichtige genaue Einstellung des Nulltheilstriches des Gradbogens anlangt, so ist dieselbe dann erreicht, wenn, während der Schieber *B* genau längs des Nulltheilstriches befestigt wird, das hinter *A* befindliche Auge den vorderen und hinteren Knopf der Stange *M* sich vollkommen decken und gleich-

zeitig in der Mitte der zugekehrten Oeffnung des Ophthalmometers stehen sieht. Steht dabei gleichzeitig der Knopf in der Mitte des Loches des Spiegelapparates, welcher durch ein zu diesem Zwecke daselbst anzulegendes Fadenkreuz markirt ist, dann ist die ganze Einrichtung vollkommen. Ist die ganze Aufstellung beendigt, so wird der Tisch T an den Boden genagelt, ebenso wie die Dreifüsse des Spiegelapparates und des Gradbogens in entsprechender Weise fixirt werden.

Wir haben jetzt zunächst zu erörtern, welchen Werth die Constante $\frac{2a}{b}$ bei der genannten Aufstellung erhält. Der Spiegelapparat steht von dem Ausschnitte A 1240 M$^{m.}$ und (da, wenn der Kopf im Halter festgestellt ist, die Hornhaut des zu untersuchenden Auges 10 M$^{m.}$ hinter A sich befindet) 1250 M$^{m.}$ von dem durch die Hornhaut dargestellten Convexspiegel ab. So wie der eben genannte Abstand für den Werth von a massgebend wird, so wird der Werth von b von der Stellung der Spiegel 1, 2, 3 abhängen. Bei den gewöhnlichen Messungen sind die Spiegel so gestellt, dass sowohl Spiegel 1 als auch die Mitte 0 zwischen Spiegel 2 und 3 250 M$^{m.}$ von der Axe des Spiegelapparates absteht. Die Grösse 01 beträgt demnach 500 M$^{m.}$ Der Abstand zwischen Spiegel 2 und 3 ist so, dass Spiegel 2 150 M$^{m.}$, Spiegel 3 350 M$^{m.}$ vom Centrum des Apparates entfernt ist. Für den Abstand des Spiegelapparates von der Cornea, sowie für die Grösse 01 sind dieselben Werthe genommen, wie sie Woinow bei der Aufstellung seines Ophthalmometers nahm, nur ist der Abstand der Spiegel 2 und 3 nicht, wie bei Woinow, 100 M$^{m.}$, sondern 200 M$^{m.}$ gleich gemacht, weil im ersteren Falle die entsprechenden Spiegelbilder der Hornhaut zu nahe aneinander stehen, um das dem Spiegel 1 entsprechende Hornhautbild mit Deutlichkeit in die Mitte zwischen die beiden erstgenannten hineinschieben zu können. Bei der Anwendung des Spiegelapparates ist b (die Grösse des Objects) nicht etwa durch 01 = 500 M$^{m.}$ gegeben, ebensowenig als der Werth von a (Abstand des Objects von der Cornea) durch den Abstand des Spiegelapparates von derselben = 1250 M$^{m.}$ angezeigt wird. Das Object wird gewonnen, indem von der über dem Kopfe des Beobachteten stehenden Lampe von jedem der Spiegel 1, 2, 3 ein Bild erzeugt wird, so dass das in A befindliche Auge des Beobachteten die Lampenflamme genau in der Mitte eines jeden Spiegels stehen sieht. Nehmen wir den Abstand der Flamme vom Spiegelapparate = 1250 M$^{m.}$ (er ist factisch etwas grösser), so steht das Object (da die Spiegelbilder so weit hinter den Spiegeln liegen, *als die* Lampe vor denselben) $2 \times 1250 = 2500$ M$^{m.}$ von der Cornea

ab. a ist demnach = 2500. Aber auch der Abstand des Einen Spiegelbildes von der Mitte zwischen den beiden anderen ist dabei doppelt so gross geworden als der Abstand des Spiegels 1 von der Mitte zwischen den Spiegeln 2 und 3. b ist daher = 1000 M^m. Es ergibt sich demnach $\frac{2a}{b} = \frac{5000}{1000} = 5$. Dasselbe Resultat erhalten wir, wenn wir für a einfach den Abstand der Spiegel vom Auge und für b den Werth von 01, also für a 1250, für b 500 setzen, und immer ist der Werth von $\frac{2a}{b}$ bei Anwendung von Spiegeln durch den Abstand des Apparates vom Auge, sowie durch den Werth von 01 gegeben, gleichgiltig, ob die Lampe genau in der Entfernung des Auges von den Spiegeln steht oder nicht. Dass man sich an die wirkliche Lage des Objects bei Anwendung von Spiegeln erinnert, kann nicht schaden, weil die Berechnung des Werthes durch die Formel $r = \frac{2a}{b} \cdot \beta$ nur für den Fall richtig ist, wenn b weit vom Auge entfernt ist. Der Spiegelapparat erlaubt daher, dass man ihn verhältnissmässig nahe am Auge aufstellt, weil, wenn die Lampe nur im Abstande des Auges aufgestellt wird, der Werth von a das Doppelte des Spiegelabstandes ist. Es ist ebenso jetzt schon ersichtlich, dass das Anbringen der Lampe genau über der Axe des ganzen Instrumenten-Apparates Vortheil bringt. Denn abgesehen von dem nicht zu unterschätzenden Gewinn, dass die Lampe kein Terrain zur Seite des Beobachteten occupirt, und dass sie weder den Letzteren, noch auch den Untersucher genirt, gelingt es nur so, wenigstens für die horizontale Spiegelstellung die einzelnen Spiegelbilder, so viel wie überhaupt möglich, gleich weit hinter die Spiegel zu werfen, was bei einer Stellung der Lampe zur Seite des Untersuchten unmöglich ist. Die eigentliche Wichtigkeit des genannten Lampenstandes wird erst klar werden, wenn die Verwendung des Spiegels 4 zur Sprache kommen wird.

Wie aus der Anordnung der Spiegel 1, 2, 3 ersichtlich ist, erfolgt die Einstellung nach dem Drei-Lichter-Principe. Es fragt sich, ob noch eine andere Einstellungsart die gleiche Deutlichkeit und Sicherheit verbürgt. Wendet man zwei Spiegel an, so kann man, wie wir bei Gelegenheit der Besprechung des Coccius'schen Ophthalmometers sahen, das Bild um die halbe oder die ganze Grösse verschieben. Die erstere Einstellung gelingt gut und leicht, ist aber beim Spiegelapparate, wie wir ihn vor uns haben, gar nicht zu verwenden,

denn stehen die 2 Spiegel nur 500 $M^{m.}$ von einander ab, dann dient bei der genannten Einstellung ein Object von der halben Grösse, also von 250 $M^{m.}$ und $\frac{2a}{b}$ bekommt den, wie wir bald hören werden, unbrauchbaren Werth 10. Auf 1000 Millimeter Abstand können aber die Spiegel am Apparate gar nicht gestellt werden, abgesehen davon, dass eine solche Spiegeldistanz manche andere Uebelstände hätte — und doch wäre dieselbe nöthig, um die ohnehin schon geringe Grösse des Objects relativ zu dessen Abstande vom Auge nicht noch mehr zu verkleinern. Die zweite Einstellung mit zwei Lichtpunkten, bei welcher das Bild um seine ganze Grösse verschoben wird, also nur 3 Punkte sichtbar bleiben, ist bei den Krümmungen, welche die Hornhaut gewöhnlich darbietet und wenn man die Spiegelflammen nicht bis auf eine kleine Partie abblenden will, praktisch unbrauchbar, weil die Spiegelbilder der Hornhaut trotz ihrer Kleinheit doch zu gross sind, als dass man die genaue Deckung von zweien angeben könnte. Indem sie noch zum Theile auseinanderstehen, aber wegen theilweiser Deckung doch als Eins erscheinen und indem sie bei gleichem Ansehen das einemal noch gleichnamig, ein anderesmal überkreuzt sind, ergeben sich für die vorliegenden Verhältnisse ganz colossale Differenzen in der Ablesung der Grösse, um welche die Ophthalmometerplatten gedreht wurden. Dagegen ist die Messung in dem besonderen Falle von sehr starken Krümmungen der Hornhaut, wie sie an einzelnen Partien der Membran bei Keratoconus vorkommen, bei der gewöhnlichen Anordnung der drei Spiegel unausführbar, weil die Spiegelbilder von 2 und 3 viel zu nahe stehen, um das von 1 kommende zwischen dieselben genau mit Sicherheit einschieben zu können. Hier ist die Einstellung mit zwei Spiegeln und ganzer Verschiebung des Bildes, also Erzeugung dreier Lichtpunkte am Platze, weil die letzteren ungemein klein sind, daher ein Fehler wie bei grossen Reflexen nicht vorkommen kann.

Gehen wir zur praktischen Handhabung des Ophthalmometers und zu dessen praktischen Leistungen über, so sei zunächst etwas über jenes Instrument gesagt, welches Sie, meine Herren, vor sich haben. Das von M. Meyerstein in Göttingen construirte Instrument hat Platten mit einer Dicke von 4·9508 $M^{m.}$ und der Brechungsindex des Glases, aus welchem dieselben gefertigt sind, beträgt für Strahlen mittlerer Brechbarkeit (für die Linie *E* an der Grenze von Gelb und Grün des Sonnenspectrums) 1·617338. Sowie die beiden genannten Werthe sind auch die Brechungsindices des Glases für alle Linien *A* bis *H* von Meyerstein für unser Instrument berechnet. Der Bre-

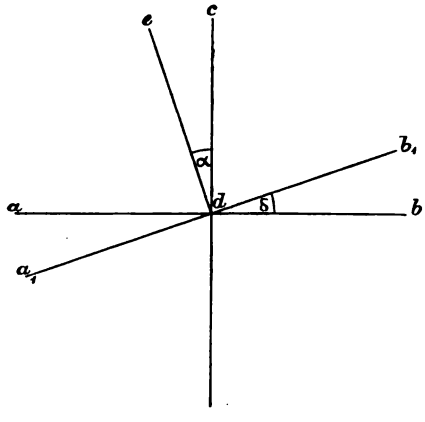
chungsindex für die Linien A (im äussersten Roth) = 1·601713, für H (im Violett) = 1·644141. Das Instrument hat dieselben Constanten wie dasjenige, welches sich gegenwärtig im Helmholtz'schen Laboratorium zu Berlin befindet. Die Berechnungen für die Werthe der Drehungsgrade sind geführt nach der Formel $G = 2h \frac{sin\,(\alpha - \beta)}{cos\,\beta}$ [1]), wobei zur Eruirung von β der Brechungsindex für die mittleren Strahlen: 1·617338 zu Grunde gelegt wurde. Die Berechnungen wurden nicht bloss für alle Werthe von α zwischen 1 und 70°, sondern vom 18. bis 29. Grade direct von Zehntel zu Zehntel Grad geführt. Eine Drehung um 18° entspricht einem $G(\beta) = 1{\cdot}21559$ $M^{m\cdot}$, bei einer Drehung um 29° ist $G = 2{\cdot}06042$ $M^{m\cdot}$ Da bei unserer Aufstellung $\frac{2a}{b} = 5$ ist, so ergibt sich für den Hornhautradius, wenn $\alpha = 18°$, der Werth von $5 \times 1{\cdot}21559 = 6{\cdot}07795$ $M^{m\cdot}$ und falls $\alpha = 29°$, ist $r = 5 \times 2{\cdot}06042 = 10{\cdot}30210$ $M^{m\cdot}$ Das sind die Werthe, die wir gewöhnlich brauchen; nur bei Messung von Keratoconus und getrübten Hornhäuten kommen bei der Bestimmung von r andere vor. Um sich in den Tabellen leichter zurecht zu finden, sind die Zehntel Grade mit rother Tinte verzeichnet. Schreiben wir, um die Form der Tabellen kenntlich zu machen z. B. die Werthe heraus, wie sie sich für $\alpha = 22°$ bis 23° ergeben. Die erste Columne enthält den Einfallswinkel α, die zweite den Brechungswinkel β, die dritte die entsprechende Grösse des Hornhautbildes $b\,(G)$, die vierte den zugehörigen Werth des Radius. Da wir endlich für Berechnungen, denen Hornhautradien zu Grunde liegen, nicht den Radius, sondern dessen Logarithmus brauchen, so ist von 21 bis 25°, entsprechend Radien von 7·17400 bis 8·69660 $M^{m\cdot}$, dem Radius der Logarithmus beigesetzt. Es erhält also die Tabelle zwischen 22° und 23° folgende Werthe:

$\sphericalangle\,\alpha$	$\sphericalangle\,\beta$	$\beta\,(G)$	r	$log\,r$
22°	13° 23′ 32·7″	1·50951	7·54755	0·8778060
22·1°	13° 27′ 4·8″	1·51704	7·58520	0·8799670
22·2°	13° 30′ 36·8″	1·52457	7·62285	0·8821174
22·3°	13° 34′ 8·7″	1·53211	7·66055	0·8842600
22·4°	13° 37′ 40·5″	1·53966	7·69830	0·8863948
22·5°	13° 41′ 12″	1·54723	7·73615	0·8885249
22·6°	13° 44′ 43·9″	1·55475	7·77375	0·8906306
22·7°	13° 48′ 15″	1·56238	7·81190	0·8927567
22·8°	13° 51′ 46·8″	1·56995	7·84975	0·8948559
22·9°	13° 55′ 18″	1·57755	7·88775	0·8969532
23°	13° 58′ 49″	1·58516	7·92580	0·8990431

[1]) S. pag. 49.

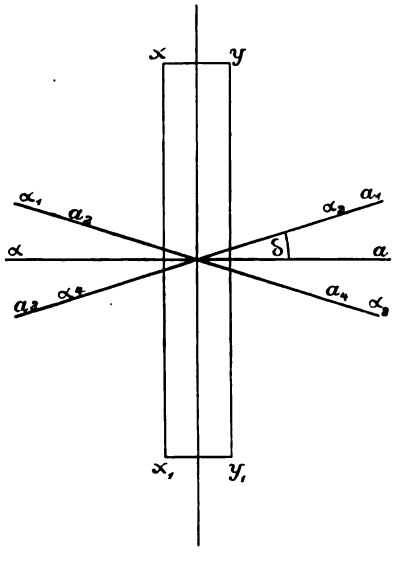
Die Erscheinungen, welche während der Plattendrehung sich ergeben, bieten sich in folgender Ordnung dar. Bei Beginn der Messung (Fig. 65) fallen beide Platten in eine Verticalebene (deren Durchschnitt ab ist), auf welche die Ophthalmometeraxe und daher auch die Richtung des einfallenden Lichtes cd senkrecht steht. Will man die Krümmung im horizontalen Meridian der Hornhaut bestimmen, so steht die Trennungsfläche beider Platten hierbei horizontal, es gibt also eine obere und eine untere Glasplatte. Die drei Lichtpunkte auf der Hornhaut zeigen keine Verdopplung. Beginnt man die Platten von 0° gegen 90° hin zu drehen, so wird der Einfallswinkel des Lichtes zunächst durch den Drehungswinkel der Platten ausgedrückt. Ist $a_1 b_1$ die neue Stellung einer Platte und stand der Index an der Schraube auf dem Nullpunkt der Gradeintheilung, als die Platte die Lage ab hatte, so wird jetzt an der Gradabtheilung der Drehungswinkel der Platte $b_1 db = \delta$ abgelesen. Dieser Winkel ist aber identisch mit dem Einfallswinkel $\alpha = cde$ (welchen der einfallende Strahl cd mit dem im Einfallspunkte errichteten Lothe macht), weil die Schenkel beider Winkel auf einander senkrecht stehen; $cd \perp ab$ und $ed \perp a_1 b_1$. Die zweite Platte hat sich dabei um die gleiche Grösse nach der entgegengesetzten Richtung gedreht, also auch für diese ist der Einfallswinkel $= \alpha$. Ist bei Drehung der Platten um $\sphericalangle b_1 db$ das Postulat der Verdopplung des Hornhautbildes erfüllt, dann wäre eigentlich die Messung beendigt. Denn indem wir den Drehungswinkel und damit α ablesen, brauchen wir nur in der Tabelle den zugehörigen Werth von r nachzuschlagen. Aber so theoretisch vollkommen auch das Ophthalmometer ist — in der praktischen Ausführung wird es immer Manches zu wünschen übrig lassen. Da, um zunächst vom Schraubenapparate zu sprechen, eine Schraube von solcher Vollkommenheit, dass wir Drehungen um zehntel Grade mit Zuverlässigkeit ablesen könnten, mehr wünschenswerth als leicht construirbar ist, so muss zunächst im Schraubenapparate selbst und dann in der Wiederholung der gleichen *Einstellung* ein Correctiv für diesen Fehler gesucht werden. In erster

Fig. 65.



Hinsicht wird die Bewegung der Einen Schraube durch die Bewegung einer zweiten controlirt, indem jede der beiden Platten mit einer Schraube versehen ist und die Bewegung jeder Schraube an einem zugehörigen Gradkreise angegeben wird. Das Erste ist also, dass man an beiden Gradeintheilungen abliest. Wir erhalten da z. B. die beiden Werthe 22·5° und 22·7°. Wollten wir uns mit dieser Einen Einstellung begnügen, so würden wir den Mittelwerth mit 22·6° nehmen. Aber mit dieser Einen Einstellung begnügt man sich nicht, sondern controlirt den Schraubenapparat noch auf andere Weise. Hat man (Fig. 66) die erste Einstellung vollführt, so steht die eine Platte in a_1, die zweite in α_1. Der Eine Lichtpunkt des einen Hornhautbildes steht dabei genau in der Mitte zwischen den zweien des anderen Bildes. Man dreht jetzt weiter, die Einfallswinkel des Lichtes werden grösser, die drei Lichtpunkte, welche dem Einen Bilde zugehören, werden immer mehr nach rechts, die drei Punkte des anderen Bildes immer mehr nach links verschoben und verschwinden endlich (bei einer Drehung um nahezu 90 Grade) aus dem Gesichtsfelde. Das Feld ist einen Moment dunkel, doch indem man weiter dreht, stehen sofort plötzlich mitten in demselben die drei Lichtpunkte wieder, aber einfach.

Fig. 66.



Es geschieht diess in dem Momente, in welchem die Platten um 90° gedreht sind, ihre Mittelebene fällt dabei wieder in eine Verticalebene, aber in eine solche, in welcher die Ophthalmometeraxe liegt. Es fällt jetzt das Licht senkrecht auf die Schmalseite xy der Platten, tritt durch x_1 y_1 aus und in das Auge des Beobachters. Der Letztere sieht daher durch diese momentan optisch unwirksame Vorrichtung hindurch die 3 Punkte auf der Hornhaut. Dreht man weiter, so verschwinden sofort diese Lichtpunkte wieder. Das Licht fällt wieder auf die Breitseiten der Platten, wieder unter so grossem Einfallswinkel, dass die Lichtpunkte zunächst in der äussersten Peripherie hervortreten, aber indem der Drehungswinkel immer wächst, Platte a_1 sich also der Stellung a_2

und Platte α_1 der Lage α_2 nähert, nähern sich von rechts und links her die 3 Punkte immer mehr und endlich ist bei fortgesetzter Drehung die richtige Einstellung wieder da, der Eine Punkt des einen Bildes zwischen den zweien des anderen. Es wird dies begreiflicher Weise dann eintreten, wenn a_1 nach a_2, also dorthin kam, wo α_1 ursprünglich stand, wobei α_1 nach α_2 an den ursprünglichen Ort von a_1 gewandert ist. Die Stellung der Platten ist dieselbe, nur dass obere und untere Platte ihre Seitenstellung gegen die Ophthalmometeraxe vertauscht haben. Auf welche Stelle der Gradeintheilung wird jetzt der Index der Schraube der Platte a_1 zeigen? Nehmen wir für den Drehungswinkel δ bei der Anfangsstellung der Platte in a_1, die runde Zahl 23^0, so wird bei der zweiten Einstellung in a_2 die Platte auch wieder 23^0 und zwar von α abstehen. Bis α hätten wir um 180^0 zu drehen, mithin haben wir bis a_2 um $180^0 - 23^0 = 157^0$ gedreht. Der Index steht jetzt auf 157^0. Indem wir die Drehung wirklich bis 180^0 fortsetzen, kommen die Platten wieder in die Verticalebene αa, das Bild erscheint einfach, wird aber sowie der Drehungswinkel über 180^0 wächst, sofort wieder doppelt, um in die richtige, dritte Einstellung einzugehen, sobald a_2 nach a_3, daher α_2 nach α_3 gekommen ist. a_3 steht wieder um 23^0 von α ab, der Index der Plattenschrauben zeigt daher $180^0 + 23^0 = 203^0$. Indem die Drehung noch weiter fortgesetzt wird, zeigt sich neuerdings das Phänomen des immer weiteren Auseinandertretens, sowie des Verschwindens der Doppelbilder, dann bei einer Drehung um 270^0 das des plötzlichen Auftauchens des einfachen Bildes in der Mitte des Gesichtsfeldes, des neuerlichen Verschwindens, neuerlichen Auftauchens und Annäherns der Doppelbilder, bis endlich die vierte richtige Einstellung erfolgt. a_1 ist dabei bis a_4, α_1 bis α_4 gegangen, a_4 hat bis a noch einen Bogen von 23^0 zu beschreiben, zur vollkommenen Umdrehung von 360^0 fehlen 23^0, daher die Drehung $360^0 - 23^0 = 337^0$ beträgt. Die 4 Drehungswinkel für die 4 Einstellungen betragen also in unserem Falle 23^0, 157^0, 203^0, 337^0. Der Einfallswinkel ist immer derselbe $= 23^0$. Nach dem Gesagten bestimmen wir den Einfallswinkel α aus dem Drehungswinkel δ bei den vier Einstellungen der Reihe nach durch

$$\alpha = \delta$$
$$\alpha = 180^0 - \delta$$
$$\alpha = \delta - 180^0$$
$$\alpha = 360^0 - \delta$$

Indem wir für jede Einstellung zwei Ablesungen haben, so ergeben sich bei einmaliger vollkommener Herumdrehung der Platten 8 Ablesungen, aus denen das Mittel genommen wird, also z. B.

I.	$\alpha =$			$22{\cdot}5^0$
				$22{\cdot}7^0$
II.	$\alpha = 180^0$	$- 157{\cdot}4^0$	$=$	$22{\cdot}6^0$
	$= 180^0$	$- 157{\cdot}5^0$	$=$	$22{\cdot}5^0$
III.	$\alpha = 202{\cdot}6^0$	$- 180^0$	$=$	$22{\cdot}6^0$
	$= 202{\cdot}6^0$	$- 180^0$	$=$	$22{\cdot}6^0$
IV.	$\alpha = 360^0$	$- 337{\cdot}2^0$	$=$	$22{\cdot}8^0$
	$= 360^0$	$- 337{\cdot}4^0$	$=$	$22{\cdot}6^0$
		Daher α im Mittel	$=$	$22{\cdot}6^0$

Es könnte vielleicht einfacher erscheinen, wenn man noch eine fünfte Einstellung machen, also zur ersten Einstellung zurückkehren würde, weil man dann 10 Ablesungen hätte und die Division durch 8 ersparen würde. Aber das gestattet eine zweite Unvollkommenheit der Schraubenvorrichtung nicht. Man ist nämlich nicht sicher, dass der Nullpunkt der Scala wirklich der unwirksamen Plattenstellung entspricht. Stellt man die Platten auf Null, so kann das Object noch deutlich doppelt und z. B. erst bei Drehung der Platten um $0{\cdot}5^0$ einfach erscheinen. Dann ist jede Ablesung um $0{\cdot}5^0$ zu gross, und daher der Werth von α für Stellung I und III um $0{\cdot}5^0$ zu gross, für Stellung II und IV um $0{\cdot}5^0$ zu klein. Je zwei Ablesungen differiren demnach um einen ganzen Grad. In dem eben angeführten Falle würde man demnach ablesen: 23·0, 23·2 — 157·9, 158 — 203·1, 203·1 — 337·7, 337·9 und für α erhielte man die Werthe: 23, 23·2 — 22·1, 22 — 23·1, 23·1 — 22·3, 22·1. Der Mittelwerth für α bleibt natürlich ungeändert $= 22{\cdot}6^0$, würde aber falsch werden, sowie man noch eine fünfte Einstellung machen würde, weil man dann noch zwei zu grosse, nicht compensirte Werthe hätte. Man darf daher nur aus einer geraden Anzahl unmittelbar auf einander folgender (Doppel-) Ablesungen ein Mittel ziehen. Es ist, da man doch immer wenigstens zwei Einstellungen macht, ganz nutzlos, den wahren Nullpunkt zu eruiren und geht dies um so schwerer, als es vorkommt, dass der wahre Nullpunkt je nach der Stellung der Platten variirt. Drehen wir den die Platten enthaltenden Kasten, z. B. um 90^0 um die Ophthalmometeraxe, so dass die Trennungsfläche der Platten vertical steht, so braucht nicht mehr $0{\cdot}5^0$ der Nullstellung zu entsprechen. Um den Schraubenapparat zu schonen, kann man übrigens die 4 Einstellungen erhalten ohne den Apparat um 360^0 zu drehen. Man geht von der

Einstellung a_1 zur Stellung a_4, dann zu a_3 und endlich zu a_2. Bei der nächsten Messung geht man von a_2 durch a_3 und a_4 zu a_1 zurück u. s. w. Dabei gehen also die Platten nur einmal durch die Ophthalmometeraxe. Um den betreffenden Theil des Schraubenapparates nicht abzunützen, nimmt man nach einiger Zeit für eine andere Reihe von Messungen den Weg von a_4 durch a_1 und a_2 nach a_3 und von a_3 durch a_2 und a_1 nach a_4 zurück u. s. f.

Uebrigens ist es nicht die Schraubenvorrichtung allein, welche vom theoretischen Ideale entfernt bleibt, auch die Herstellung der vollkommen planparallelen Platten ist leichter ausgesprochen, als verwirklicht, und so wird man wahrscheinlich häufiger Gelegenheit haben, Spuren von sphärischer oder prismatischer Wirkung an den Platten zu entdecken, als sich über den vollständigen Mangel solcher Wirkungen zu erfreuen.

Die Genauigkeit der Messung ist ferner, wie begreiflich, nicht blos von der Genauigkeit des Instrumentes, sondern auch von der Genauigkeit abhängig, mit welcher der Messende die richtige Einstellung der Lichtpunkte auszuführen vermag. Das Ophthalmometriren will gelernt sein, so gut als das Ophthalmoscopiren, nur ist ersteres noch viel schwieriger als das letztere. Ich will von ophthalmometrischen Messungen der Linse gar nicht sprechen, aber auch Messungen der Hornhaut nicht an einzelnen wohl präparirten Individuen, sondern im Allgemeinen auszuführen, bedarf grosser Uebung und gelingt häufig genug gar nicht. Eingehende Lehren über die praktische Anwendung des Instrumentes zu geben, wird wenig nützen. Nur zwei Punkte will ich hervorheben. Das Eine ist, dass die Axe des Ophthalmometers in die Axe des ganzen Apparates falle und der Untersucher in der Axe des Instrumentes und nicht schief durchschaue. Im letzteren Falle ist der Einfallswinkel des in das Auge fallenden Lichtes für beide Platten ungleich, die Verschiebung des Bildes durch die Platten ungleich. Welche Wirkungen das hat, davon überzeugt man sich, wenn man z. B. die Lichtpunkte in der Horizontalebene verdoppelt und richtig eingestellt hat und nun das Auge vor dem Ocular nach rechts und links bewegt. Der richtig eingestellte Eine Punkt nähert sich da in sehr bedenklicher Weise bald dem rechten, bald dem linken Nachbar. Das grösste Hinderniss der Untersuchung ist das Undeutlichwerden der Reflexe. Es wird bewirkt durch Thränen oder Schleimflocken, die über die Hornhaut ziehen. Man muss dann das untersuchte Auge wiederholt blinken, oder es für einige Sekunden schliessen lassen. Manche Augen sind so empfindlich, dass man auf die Messung verzichten muss. Fast

regelmässig wird man die Segel streichen müssen, wenn man ein kurz vorher operirtes Auge länger andauernden Hornhautmessungen unterziehen will.

Wir schlagen den Fehler des Instrumentes sehr gering an, wenn wir ihn durch den einem Zehntel Drehungsgrad entsprechenden Werth ausdrücken und wir erweisen dem Augenmasse alle Anerkennung, wenn wir auch den subjectiven Fehler nicht grösser als $0{\cdot}1^0$ gleich setzen. $0{\cdot}1^0$ entspricht bei den mittleren Werthen des Radius entsprechenden Drehungsgrössen einem linearen Werthe von circa 0·007 M^m. Der Fehler, der einem Zehntel Grad entspricht, wird daher für den Radius, wenn $\frac{2a}{b} = 5$, $5 \times 0{\cdot}007 = 0{\cdot}035$ M^m. Die stolzen Zahlen mit den 5 Decimalstellen, wie sie die berechneten Tabellen aufweisen und die so häufig schon als Radiuswerthe fungirten, sind also zwar richtig gerechnet, haben aber, ganz abgesehen davon, als ja auch die späteren Decimalstellen der Werthe von h und n, aus denen sie berechnet wurden, nicht die unerschütterliche Richtigkeit zeigen können, mit Ausnahme der ersten Decimalstelle keinen absoluten Werth. Ein relativer Werth kommt ihnen allerdings zu. Ich kann z. B. ganz bestimmt unterscheiden, dass wenn ich in einem bestimmten Falle den Radius in der Gesichtslinie gemessen, dabei etwa eine Einstellung von $22{\cdot}2^0$ gefunden habe, und ich nun den Radius an einer 20^0 nach aussen von der Gesichtslinie gelegenen Stelle messe, die Lichtpunkte auf der Hornhaut nicht mehr genau dieselbe Stellung haben, dass ich vielmehr eine kleine positive Drehung machen muss, um die richtige Einstellung zu erreichen. Das Ophthalmometer zeigt jetzt $22{\cdot}3^0$. Wenn ich nun den Radius-Werth für $22{\cdot}2^0$ und $22{\cdot}3^0$ mit 7·62285 und 7·66055 M^m. aus meinen Tabellen heraus schreibe, so weiss ich ganz gut, dass die zweiten Decimalstellen keinen Anspruch auf absolute Richtigkeit mehr haben, aber doch kommt in ihnen die Differenz zwischen der Grösse der Radien zum Ausdruck.

Es fragt sich, unter welchen Umständen caeteris paribus die Messungsfehler am kleinsten würden. Der Fehlerwerth für den Radius wird um so kleiner, je kleiner $\frac{2a}{b}$, je weniger ich also den directen Messungsfehler vervielfache. Aber Helmholtz sagt schon: „Zum Zweck der Messungen kann man nur Bilder gebrauchen, welche beträchtlich kleiner, als der Hornhautradius sind. Sie dürfen etwa nur $^1/_4$ der Grösse der letzteren haben. Denn scharf sind die Bilder eines Kugelspiegels, also

auch der Hornhaut nur dann, wenn alle Strahlen nahezu senkrecht auf die spiegelnde Fläche fallen.“ Man sieht daraus, dass der Verkleinerung des Werthes von $\frac{2a}{b}$ bald eine Grenze gesetzt ist, da dieser Werth unter 4 kaum sinken darf. Dagegen ist zu bemerken, dass allerdings nicht bei jeder Construction des Instrumentes der gleiche Fehler des Schraubenapparates den gleichen Werth hat. Wir haben früher gesagt, dass das Ophthalmometer nur Objecte, die nicht grösser als 4 $M^{m.}$ sind, zu messen gestatte [1]). Die in neuerer Zeit construirten Ophthalmometer gestatten unmittelbar die Messung grösserer Objecte. Bei unserem Instrumente entspricht eine Drehung von 70^0 einem linearen Werthe von $6 \cdot 82417\ M^{m.}$. Indem die Platten dicker genommen und aus Glas von höherem Brechungsindex gefertigt werden, entspricht Einem Drehungsgrade ein grösserer Linearwerth. Das ist aber, wenn wir vor Allem die Messung der Radien der brechenden Medien vor Augen haben, ein Nachtheil, weil zu diesem Zwecke die Möglichkeit des Messens von Objecten von 4 $M^{m.}$ mehr als ausreicht und weil wenn der Fehler der Schraubenconstruction z. B. $= 0 \cdot 1^0$ ist, dieser zehntel Grad einen geringeren linearen Fehler repräsentirt, je kleiner h (Dicke der Platte) und je kleiner n (Index des Glases) ist. Man möge daher bei der Construction der Ophthalmometer wieder auf kleinere Werthe von h und n zurückgehen.

Es sei noch bemerkt, dass auch die empirische Bestimmung der Ophthalmometerwerthe, wie selbst verständlich, vor den Fehlern des Schraubenapparates und des Augenmasses nicht bewahrt. Hat man z. B. eine Drehung von $22 \cdot 2^0$ einem bestimmten linearen Werthe gleich gefunden, so ist man, wenn dann bei der Messung eines unbekannten Objectes der Index auf $22 \cdot 2^0$ zeigt, doch nicht sicher, dass dieses Object jene Grösse habe, weil man ja, wenn schon des eigenen Auges so doch des Schraubenapparates nicht sicher ist.

Gehen wir jetzt zum Detail der einzelnen Bestimmungen über. Bei der Bestimmung des Radius in der Gesichtslinie lässt man das Auge in die Mitte der Ophthalmometeröffnung blicken und wenn es genügende Sehschärfe hat, die Mitte des daselbst angebrachten Fadenkreuzes fixiren. Ist das Auge amblyopisch oder hochgradig ametropisch, vor allem myopisch, so dass der gelbe Metallschimmer, welchen der Rand der Ophthalmometeröffnung verbreitet, nicht mehr wahrgenommen wird, dann kann man sich dadurch, dass man das zweite Auge durch

[1]) S. pag. 50.

die Oeffnung l (l') nach dem Instrumente blicken lässt, helfen, falls dieses Auge so wenig amblyopisch oder ametropisch ist, dass es noch die Oeffnung des Instrumentes fixiren kann und falls keine Motilitätsstörung der Augen besteht. Ist auch dieser Behelf nicht anwendbar, dann greift man zu einem unvollkommenen Auskunftsmittel, indem man den Spiegel 4 entblösst und mit seiner Hilfe die Lampenflamme genau über der Ophthalmometeraxe erscheinen lässt. Sieht das Auge überhaupt noch etwas, so wird es angewiesen in die Flamme 4 zu schauen. Es wird dabei natürlich nicht der Radius in der Gesichtslinie, sondern an einer von derselben etwas gerade nach abwärts gelegenen Stelle gemessen. Den geübten Untersucher wird dieser 4. Reflex auf der Hornhaut, welcher mit den 3 übrigen nicht in der gleichen Höhe steht, bei der Messung nicht beirren.

Hat man den Radius in der Gesichtslinie gemessen, so geht man daran, die Krümmung des die Gesichtslinie enthaltenden horizontalen Hornhautdurchschnittes zu messen, sowie die Lage der Gesichtslinie zur Hornhautaxe einerseits und falls diese nicht durch die Mitte der Hornhaut gehen sollte, auch zur Hornhautmitte zu ermitteln. Die Krümmung des Hornhautdurchschnittes ist gegeben, wenn 3 Radien gemessen werden. Ausser dem Radius in der Gesichtslinie werden in der Regel noch die 2 Radien jener Stellen gemessen, welche 20^0 nach rechts und links von der Gesichtslinie liegen. Die beiden Visire v und v' sind an dem entsprechenden Theilstrich aufgestellt. Für myopische und amblyopische Augen wird die Vorrichtung B auf den betreffenden Theilstrich gestellt, und die Stange M soweit gegen das Auge ausgeschoben, bis die vordere Kugel genügend kennbar wird. Man lässt das Auge zuerst immer nach aussen blicken, um den Radius 20^0 nach innen von der Gesichtslinie zu messen. Es kann nämlich vorkommen, dass dabei die Reflexe zum Theile schon auf die Sclerotica fallen und man desshalb einen kleineren Winkel φ nehmen muss. Die zuerst um 20^0 nach aussen von der Gesichtslinie vorgenommene Messung wäre dann umsonst gemacht. Kleiner als 15^0 braucht man den Winkel φ nicht zu wählen. Bei unserer Aufstellung wird für $\varphi = 15^0$ bei einer Stellung die Spiegelflamme 3 durch's Visir gerade gedeckt; man lässt da das Auge in die betreffende Flamme blicken. Bezeichnet r den Radius in der Gesichtslinie, sind r_1 und r_2 die beiden anderen Radien, wobei der grössere Radius durch r_1 ausgedrückt wird, dann findet man $\sphericalangle \alpha$, d. h. jenen Winkel, welchen die Gesichtslinie mit der Hornhautaxe bildet, durch Rechnung, indem [1])

[1]) S. pag. 62.

$$tg\ (2\,\alpha) = tg\ \varphi\ \frac{(rr_2)^{2/3} - (rr_1)^{2/3}}{(rr_1)^{2/3} + (rr_2)^{2/3} - 2\ (r_1 r_2)^{2/3}}$$

Aus der Grösse der Werthe von r, r_1 und r_2 ist klar, dass Zähler und Nenner des Bruches, mit welchem $tg\ \varphi$ zu multipliciren ist, negativ sind. Für die Rechnung muss daher der Werth von $tg\ (2\,\alpha)$ so geschrieben werden:

$$tg\ (2\,\alpha) = tg\ \varphi\ \frac{(rr_1)^{2/3} - (rr_2)^{2/3}}{2\ (r_1\ r_2)^{2/3} - [(rr_1)^{2/3} + (rr_2)^{2/3}]}$$

Sowenig als bei dieser Bestimmungsweise von ∢ α auf die Lage der Hornhautmitte Rücksicht genommen ist, ebensowenig geschieht dies bei der Mandelstamm'schen Bestimmungsart [1]). Will man nach Mandelstamm den Winkel α messen, so stellt man das eine Visirzeichen zuerst so, dass die innere Partie der Hornhaut spiegelt, also z. B. um 20° nach aussen von der Ophthalmometeraxe, macht für diese Stelle der Hornhaut die richtige Einstellung und führt dann das Visir so lange nach innen vom Nullpunkte, bis z. B. bei 15° wieder die richtige Einstellung zum Vorschein kommt. ∢ α ist dann gleich $\frac{20 - 15}{2} = 2^1/_2{}^0$, die Gesichtslinie liegt um $2^1/_2{}^0$ nach innen von der Hornhautaxe. Diese Mandelstamm'sche Methode bin ich aber praktisch zu verwerthen ausser Stande. Der Radius der Hornhaut ändert sich meistens so allmälig, dass ich in den meisten Fällen nicht in der Lage bin, den Moment anzugeben, in welchem die 2. Stellung des Visirs die eigentlich richtige ist. Ich finde die Einstellung z. B. gleich richtig, ob das 2. Visir auf 12 oder 13 oder 14 oder 15 oder 16° steht. Ich bedauere daher, dass ich statt des so einfachen Mandelstamm'schen Verfahrens das durch Messung dreier Radien und die weitläufige Rechnung so complicirte ursprüngliche Verfahren zur Bestimmung von α beibehalten musste. Allerdings wird man durch die Einsicht, welche man in den Bau der Hornhautmeridiane dabei erlangt, für die Mühe reichlich entlohnt.

Helmholtz und Knapp haben gefunden, dass die Axe des die Gesichtslinie enthaltenden horizontalen Ellipsendurchschnittes auch durch die Mitte dieses Bogens geht, und auch aus Donders' Untersuchungen hat sich herausgestellt, dass in horizontaler Richtung die Hornhautaxe durchgehends durch die Mitte des Hornhautdurchschnittes geht. Demgemäss konnte man den Winkel γ, nämlich den Winkel, welchen die Blicklinie mit der Hornhautmitte, d. i. mit der in der Mitte der

[1]) S. pag. 63.

Hornhautsehne auf dieser senkrecht stehenden Linie macht, in praktischer Hinsicht dem Winkel α gleichsetzen. Der theoretische Fehler wurde früher ausführlich erörtert [1]). Der Winkel γ wird bei unserer Aufstellung so gemessen. Die Spiegel 1, 2, 3 werden nach Bestimmung der 3 Radien verhängt und Spiegel 4 entblösst. Mit Hilfe dieses Spiegels kann man, da derselbe mit der Lampe in einer Verticalebene liegt, den Reflex an jede Stelle des Verticaldurchschnittes der Hornhaut werfen, (also auch wenn man will in die Mitte des grössten Horizontaldurchschnittes der Hornhaut). Sowie schon für die übrigen Messungen, so zeigt sich besonders bei Bestimmung des Winkels γ der Vortheil der genau über dem Auge des Untersuchten stehenden Lampe, sowie die Wichtigkeit des 4. Spiegels. Dieser 4. Spiegel braucht nur ein für allemal richtig eingestellt zu werden, da das Auge stets die gleiche Stellung hinter A einzunehmen hat. Um nun aber den Winkel γ richtig zu bestimmen, ist es nothwendig, die Anfangsstellung des Auges auf's genauste richtig zu stellen. Nachdem man sich versichert hat, dass die Ophthalmometeraxe durch den Nullpunkt des Gradbogens geht [2]), stellt man ein in einem viereckigen Rahmen vertical gespanntes Haar genau in die Mitte der Oeffnung A. Während das untersuchte Auge in die Mitte der Ophthalmometeröffnung blickt, wird der Kopf mit Hilfe des Kopf- und Kinnhalters solange verrückt, bis der Reflex gleichfalls in der Mitte der Oeffnung A steht, d. h. mit dem Haare zusammenfällt. Dann geht die Gesichtslinie genau durch den Nullpunkt des Gradbogens. Indem man nun ein Visirzeichen so lange nach links oder rechts verschiebt, bis das Experiment mit dem Einstellen der Doppelbilder auf die Ränder der Hornhaut gelungen [3]), wird der Winkel γ gemessen. Es wird ausserdem die Zahl der Grade abgelesen, um welche die Platten hierbei gedreht wurden, der Werth durch eine 2. Einstellung controlirt. Wir erhalten dadurch die halbe Sehne des die Gesichtslinie enthaltenden horizontalen Hornhautdurchschnittes. Bei dieser Messung muss man die Hornhaut noch mit einer zur Seite aufgestellten und mittelst eines Schirmes gegen den Untersuchenden hin abgeblendeten Lampe beleuchten.

Woinow hat, wie wir schon erwähnten, angegeben, dass die Hornhautaxe nicht durch die Mitte der Hornhaut gehe, man daher aus dem Winkel γ keinen Schluss auf den Winkel α ziehen könne; er hat ferner angegeben, dass der Winkel α in den beiden Augen desselben Individuums grosse Verschiedenheiten aufweisen könne,

[1]) S. pag. 66. — [2]) S. pag. 577. — [3]) S. pag. 56.

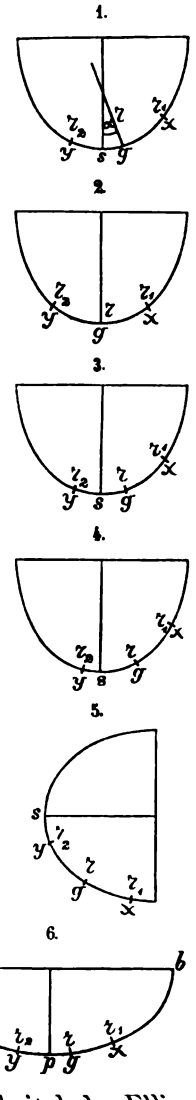
Winkel γ dagegen in beiden Augen fast indentisch sei. Dass ich vom Autoritätsglauben befangen sei, davon werden Sie mich, meine Herren, gewiss freisprechen. Wenn ich also zur Zeit, als Woinow's diesbezügliche Untersuchungen bekannt wurden, den übereinstimmenden Angaben von Helmholtz, Knapp und Donders mehr Werth beilegte, als den Angaben Woinow's, so geschah es, weil ich mich an die Majorität hielt. Ich habe nunmehr selbst diesen Gegenstand verfolgt und durch eine grosse Anzahl diesbezüglicher Messungen an Augen verschiedenster Refraction mir einen Einblick in das Verhalten von $\sphericalangle \alpha$ und γ verschafft und mich überzeugt, dass Woinow Recht hat, wenn er sagt, dass die Hornhautaxe nicht durch die Mitte der Hornhaut zu gehen braucht. Was er aber sonst über Winkel α und γ an 6 Individuen gefunden, lässt sich im Allgemeinen nicht bestätigen.

Dobrowolsky hat aus einigen Messungen den Schluss gezogen, dass der Unterschied zwischen den Winkeln α und γ weit grösser sein könne, als man nach „früheren Untersuchungen" hätte annehmen sollen, sowie dass ein gewisser Antagonismus zwischen $\sphericalangle \alpha$ und $\sphericalangle \gamma$, (darin bestehend, dass einem relativ grossen Wirkel α ein relativ kleiner Winkel γ und umgekehrt entspreche) nicht zu verkennen sei.

Ehe wir zur Besprechung der eigenen Resultate übergehen, sei noch ein Wort über die Bedeutung der beiden Winkel eingeflochten. Durch den $\sphericalangle \gamma$ erhalten wir nur den Ausdruck für die Abweichung der Blicklinie von der Mitte des betreffenden Hornhautmeridians, über den optischen Bau des betreffenden Meridians erfahren wir nichts. Durch den Winkel α, wenn wir denselben aus 3 Radien berechnen, erfahren wir nicht bloss die Grösse der Ablenkung der Gesichtslinie von der Hornhautaxe, sondern die 3 Radien geben uns wichtige Aufschlüsse über die Krümmung des betreffenden Hornhautmeridians. Diese Aufschlüsse, zunächst ganz allgemein den Bau des betreffenden Meridians anlangend, ergeben sich aus folgenden Daten: Finden sich für den Radius in der Gesichtslinie und 20 Grade nach rechts und links von derselben die gleichen Radien, dann ist der betreffende Hornhautmeridian als Kreissegment anzusehen. Sind, wie fast immer, die 3 Radien oder wenigstens 2 derselben nicht gleich, dann ist der Durchschnitt kein Kreis, sondern eine andere Curve. Diese Curve können wir insolange als eine Ellipse ansehen, als sich nachweisen lässt, dass es eine Ellipse gibt, deren Radien sich an entsprechenden Punkten wie die an der Hornhaut gemessenen verhalten. Trifft dies *nicht* zu, dann wissen wir: der Hornhautdurchschnitt ist kein Kreis *und* keine Ellipse, unserem Forschungseifer bleibt es dann noch über-

lassen, über die Form der Curve zu denken und zu rechnen. Ist der Durchschnitt eine Ellipse, dann erhalten wir durch die Bestimmung unmittelbar folgende Auskunft. Wir messen den horizontalen Hornhautmeridian. Wir setzen $\sphericalangle \varphi = 20^0$. Wir erhielten nun (Fig. 67.1) — in der Figur sind der Deutlichkeit wegen grössere Masse genommen — zunächst 20^0 nach innen von der Gesichtslinie an dem Punkte x den grössten, (r_1), 20^0 nach aussen bei (y) einen weniger grossen, aber noch immer grösseren (r_2) Radius, als in der Gesichtslinie (r). Das ist der gewöhnliche Fall, wie er auch zum Zwecke der allgemeinen Besprechung von $\sphericalangle \alpha$ früher [1]) gesetzt wurde. Wir erfahren daraus unmittelbar, dass der Scheitel der Ellipse nach aussen von der Gesichtslinie gelegen, sowie dass der Winkel α zwischen r und der grossen Ellipsenaxe kleiner als 10^0 sei. Denn der Bogen gy ist 20^0, ist aber der Radius in y grösser als in g, dann muss y vom Scheitel s der Ellipse weiter abstehen als g. Wir haben mit dem gewöhnlichsten Falle begonnen. Wollten wir systematisch vorgehen, so hätten wir den Fall, den wir jetzt anführen werden, zuerst setzen müssen. Wir bekommen in x und y zwei grössere Radien als in g, aber r_1 und r_2 sind gleich gross. Daraus folgt, dass g mit s, also die Gesichtslinie mit der grossen Ellipsenaxe zusammenfällt, $\sphericalangle \alpha$ demnach Null ist. Im Falle 3 sind auch zwei Radien gleich, aber nicht r_1 und r_2 sind es, sondern r und r_2, während $r_1 > r = r_2$ ist. Das zeigt uns an, dass g und y gleich weit von s abstehen, daher, da $gy = 20^0$, $\sphericalangle \alpha$ gleich 0^0 ist. Im Falle 4 sind die 3 Radien wieder ungleich, aber es besteht das Verhältniss $r_1 > r > r_2$. Da liegt also g weiter als y von s ab; $\sphericalangle \alpha$ ist grösser als 10^0, allein wie aus der Zeichnung hervorgeht noch kleiner als $\sphericalangle \varphi$, in specie $< 20^0$, der Scheitel der Ellipse liegt ja noch zwischen g und y. Es kann aber $\alpha > \varphi$ werden, und überhaupt so gross, dass der betreffende (circa 60^0) haltende Hornhautdurchschnitt zwar noch den Abschnitt einer Ellipse darstellt, aber der Scheitel der Ellipse

Fig. 67.



[1]) *S. pag. 61.*

liegt ebensowenig als das Ende der kleinen Axe in dem Meridiane. In Figur 5 ist dieses Verhältniss dargestellt. $r_1 > r > r_2$; $\sphericalangle \alpha$, gegeben durch den Bogen rs, viel grösser als $\sphericalangle \varphi$ *(arc. gy)*; der Hornhautmeridian mn enthält weder den Scheitel der Ellipse s noch das Ende p der kleinen Axe. Fortschreitend kommen wir dahin, dass das Ende der kleinen Axe der Ellipse in der Hornhaut gelegen ist. Wir wollen da nur den dem Falle 1 analogen darstellen. r, r_1, r_2 sind ungleich, aber r_1 und r_2 sind kleiner als r, dabei $r_1 < r_2$. Der Meridian wird dann ein Stück der Breitseite einer Ellipse darstellen, in welcher die Gesichtslinie um weniger als $^1/_2\varphi$ vom Endpunkte der kleinen Axe entfernt ist.

Bisher haben wir (indem wir von Nr. 6 absehen) für den Fall, wenn α nicht gleich Null ist, stets angenommen, dass der Radius nach innen von der Gesichtslinie grösser als jener nach aussen, der Scheitel der Ellipse also, wenn er nicht in der Gesichtslinie liegt, stets nach aussen von derselben gelegen ist. Unter solchen Verhältnissen, wenn der äussere Schenkel des Winkels α durch die grosse Axe der Ellipse gebildet wird, gibt man dem Winkel α ein positives Zeichen, sowie man auch $\sphericalangle \gamma$ als positiv bezeichnet, wenn die Mitte des betreffenden Meridians nach aussen von der Blicklinie sich findet. Es könnten aber dieselben Verhältnisse, wie die soeben beschriebenen angetroffen werden, nur mit dem Unterschiede, dass der Radius nach aussen von der Gesichtslinie mit dem inneren die Rolle tauschte, ersterer also grösser als letzterer wäre. Dann läge der Scheitel der Ellipse nach innen von der Gesichtslinie, des Winkels α äusserer Schenkel wäre die Gesichtslinie. Unter solchen Umständen erhält der Winkel α ein negatives Zeichen, sowie auch γ negativ wird, wenn die Mitte des Hornhautmeridians nach innen von der Blicklinie betroffen wird. Es könnte natürlich auch $-\alpha \gtreqless 10^0$ sein.

Fragen wir nach den thatsächlichen Resultaten, wie sie sich aus der Messung dreier Radien des die Gesichtslinie enthaltenden horizontalen Hornhautdurchschnittes in circa 200 Augen ergaben, so stellt sich heraus: 1. der Horizontalmeridian kann kreisförmig sein, oder 2. der Horizontalmeridian ist elliptisch, 3. der Horizontalmeridian ist weder ein Kreis noch eine Ellipse.

Ist der Meridian eine Ellipse, dann kann:

1. Winkel $\alpha = 0$ sein, $r_1 = r_2 > r$;
2. Winkel α ist positiv und kleiner als 10^0, wenn $r_1 > r_2 > r$;
3. Winkel α ist positiv und gleich 10^0, wenn $r_1 > r = r_2$;

4. Winkel α ist positiv und $> 10^0$, wenn $r_1 > r > r_2$, jedoch nie grösser als φ. Niemals stellt der Horizontalmeridian das Stück mn einer Ellipse wie Fig. 67.5 dar, doch kommt ein solches Verhalten im Verticalmeridian vor;

5. Winkel α ist negativ und kleiner als 10^0;

6. Winkel α ist negativ und $= 10^0$. Nie wurde $-\alpha > 10^0$ gefunden.

Niemals wurde in irgend einem Meridiane einer nicht entzündlich veränderten Hornhaut der Radius in der Gesichtslinie grösser, als zur Seite gefunden, nie stellte also ein Hornhautmeridian die den Endpunkt der kleinen Axe enthaltende Breitseite einer Ellipse (Fig. 67.6) dar.

Wir sagten, dass der Horizontaldurchschnitt der Hornhaut weder kreisförmig noch elliptisch zu sein brauche. Sind die Radien ungleich, dann ist er nicht kreisförmig; woran erkennen wir aber, dass er nicht elliptisch ist? Wir haben da für die verschiedenen Fälle verschiedene Anhaltspunkte. Ist $r_1 > r = r_2$, dann ist $\alpha = 10^0$. Nun kommt es vor, dass an den beiden Augen Eines Individuums $r = r_2$ denselben Werth hat, r_1 aber an beiden Augen verschieden ist. Es kann aber nicht zwei Ellipsen geben, welche 10^0 nach rechts und links vom Scheitel den gleichen Radius, 20^0 davon entfernt, oder verschiedene Radien haben. Wenigstens Eine der beiden Hornhäute ist sicherlich nicht elliptisch gekrümmt. Für den Fall, als $r_1 > r > r_2$ ($\alpha > 10^0$), ereignet es sich, dass aus den gefundenen Werthen nach der Ellipsenformel überhaupt kein α sich berechnen lässt. Dann ist dadurch angezeigt, dass eine Curve mit solchen Radien, wie sie gefunden wurden, nicht eine Ellipse sein kann. Wenn endlich $r_1 > r_2 > r$ ($\alpha < 10^0$), dann lässt sich allerdings aus den 3 Werthen immer ein α nach der Ellipsenformel berechnen, aber desshalb allein ist die Curve noch keine Ellipse. Indem man nämlich die übrigen Stücke der Ellipse in später zu besprechender Weise zu berechnen unternimmt, kann es geschehen, dass man im speciellen Falle zu einem sinnlosen Resultate gelangt. Kann ich also aus den 3 Radien zwar einen Winkel α, aber aus den Radien und dem Winkel α keine Excentricität, die bei einer Ellipse vorkommen kann, durch die Ellipsenformel berechnen, dann ist die Curve gewiss keine Ellipse. Ebenso hat man, indem man nach Kenntniss des Winkels α den Radius im Scheitel der Ellipse misst und den gemessenen Werth mit dem durch Rechnung nach der Ellipsenformel gefundenen vergleicht, einen neuen Anhaltspunkt für die Beurtheilung der Curve. Eine praktische Bemerkung, die Messung in einem besonderen Falle anlangend, wird an dieser Stelle

am besten untergebracht sein. Gesetzt, die Messung an den Punkten g, x, y lasse nicht mit Sicherheit erkennen, ob zwischen den Radien r, r_1 und r_2 ein Unterschied sei. Nimmt man die Radien als gleich gross an, dann ist der Durchschnitt ein Kreis, $\alpha = 0$. Gibt das Instrument bei Messung von r_1 einen um $0{\cdot}1^0$ grösseren Drehungswinkel an, als für r und r_2, die gleich befunden werden, also z. B. für r_1 $22{\cdot}1^0$, für r und r_2 22^0, dann ist die Curve eine Ellipse und $\alpha = + 10^0$. Wird dagegen für r_2 $22{\cdot}1^0$, für r und r_1 22^0 gefunden, dann ist $\alpha = - 10^0$ und die Sache lässt sich noch weiter variiren. Selbst bei unfehlbarem Augenmasse des Messenden könnte die Frage über die Krümmung durch das Instrument niemals entschieden werden, wenn wir aus einer Reihe von Ablesungen jeden Radius separat bestimmen, denn der Schraubenapparat des Instrumentes ist zu ungenau, um bis auf $0{\cdot}1^0$ richtige Angaben zu machen. Bei einem solchen Verfahren kann es thatsächlich geschehen, dass gleiche Radien als ungleich, ja dass der kleinere Radius als der grössere angegeben wird. Man muss da den Vergleich zu Hilfe nehmen, indem man z. B. für g (etwa mit 22^0) einstellt, und nun ohne die Plattenstellung zu ändern g, x, und y abwechselnd spiegeln lässt. Da wird es, wenn überhaupt noch Differenzen wahrnehmbar sind, gelingen, sich von der ungleichen Einstellung zu überzeugen und die richtige ($22{\cdot}1^0$, $22{\cdot}2^0$) einzuleiten. Man begreift jetzt besser, was wir früher damit sagen wollten, dass einem Zehntel Drehungsgrad zwar kein absoluter, aber ein relativer Werth zukommt [1]). Uebrigens kann man sich manchmal dadurch helfen, dass man $\sphericalangle \varphi = 25^0$ nimmt.

Wir wollen jetzt zur Betrachtung der bei Em- und Ametropie gewonnenen Resultate übergehen und zunächst bei Tabelle VII, jener der Emmetropie, ein wenig verweilen. Die deutliche Ueberschrift der einzelnen Columnen überhebt uns der Aufgabe, über die Einrichtung dieser, sowie der folgenden Tabellen viel Worte zu verlieren. Die 17 Fälle sind nach der Grösse des Radius in der Gesichtslinie geordnet. Den kleinsten Radius, der bei einem emmetropischen Auge in der Gesichtslinie gefunden wurde, zeigt Fall 1 mit $7{\cdot}06$ M^{m}, den grössten Fall 17 mit $8{\cdot}35$ M^{m}, als Mittel ergibt sich $7{\cdot}708$ M^{m}. Ein etwas kleinerer Radius, als ein solcher von 7 M^{m} hat sich mir noch einmal in einem aphakischen Auge, das man der Correction gemäss für ehemals emmetropisch halten musste, ergeben [2]). Die Radien in der Gesichtslinie sind in 6 Fällen an beiden Augen gleich, die grösste Differenz (von $0{\cdot}23$ M^{m}) findet sich im Fall 13.

[1]) S. pag. 587. — [2]) S. pag. 421.

Die 3 letzten Fälle, in denen der Radius 8 M^m. und mehr beträgt, zeigen grosse Sehschärfen. Sehen wir von dem rechten, leicht myopischen Auge des Falles 15 ab, so haben wir $S^{25}/_{20}$ und $^{30}/_{20}$. Es finden sich allerdings in der Tabelle die gleichen Sehschärfen bei kleinerem Hornhautradius, aber es mag immerhin darauf hingewiesen werden, dass einem grossen Hornhautradius eine grosse Axenlänge (für 16 und 17 durch die Augenspiegel-Vergrösserung direct erwiesen [1]) und daher relativ grosse Netzhautbilder entsprechen. Betrachten wir die Winkel γ, die Winkel zwischen Blicklinie und Hornhautmitte (Col. IX.), so fällt uns sofort auf, dass dieselben, entgegen den Angaben von Donders und Woinow, an beiden Augen mit Ausnahme des einzigen Falles 2 nicht gleich, sondern ungleich sind, und eine viel merkwürdigere, geradezu erstaunliche Thatsache tritt uns schon hier entgegen, die nämlich, dass in den 16 Fällen von ungleichem Winkel γ nur einmal (Fall 3) der Winkel am linken Auge grösser ist als am rechten. In den übrigen 15 Fällen ist ∢ γ des rechten Auges grösser als der des linken. Es muss bemerkt werden, dass dieser Winkel mit besonderer Genauigkeit insofern gemessen wurde, als die richtige Einstellung der Blicklinie auf den Nullstrich des Gradbogens [2]) jedesmal mit grösster Acuratesse in's Werk gesetzt wurde. Was die Differenzen anlangt, so sind sie eher zu klein als zu gross. Die Thatsache, dass der Winkel γ am rechten Auge fast immer grösser ist als am linken, ist grell genug; ich habe desshalb, wenn ein Zweifel war, für das rechte Auge lieber den kleineren, für das linke den grösseren Werth gelten lassen. Diese Thatsache war übrigens sofort bei den Messungen klar, eine andere nicht minder erstaunliche ergab sich erst nach den ausgeführten Rechnungen. Sie betrifft den Winkel α, den Winkel zwischen Gesichtslinie und Hornhautaxe (Col. VIII.). Dieser Winkel ist nur zweimal (6 und 13) am rechten Auge grösser als am linken und Fall 6 ist insofern ganz exceptionell, als hier am rechten Auge der Radius 20° nach aussen von der Gesichtslinie kleiner als in derselben, Winkel α also grösser als 10° befunden wurde. Die übrigen 15 Male ist Winkel α beider Augen entweder gleich, — es findet sich dies 7mal in Nr. 2, 3, 4, 8, 10, 16 17 — oder am linken Auge (in den restirenden Fällen) grösser. Den Schluss, den Woinow aus der Untersuchung von 6 Individuen zog, dass nämlich Winkel γ an beiden Augen in der Regel gleich sei und Winkel α erhebliche Unterschiede zeige, hat keine allgemeine Giltigkeit. Im Gegentheile, es kommt fast

[1]) S. pag. 423.— [2]) S. pag. 591.

Tabelle VII. Emmetropie.

I. Nr.	II. Alter und Geschlecht	III. Auge	IV. Sehschärfe	V. Radius der Hornhaut in der Gesichtslinie	VI. Radius der Hornhaut 20° nach innen von der Gesichtslinie	VII. Radius der Hornhaut 20° nach aussen von der Gesichtslinie	VIII. Winkel (α) zwischen Gesichtslinie und Hornhautaxe	IX. Winkel (γ) zwischen Blicklinie und Hornhautmitte	X. Horizontal-Durchmesser der Hornhaut
1	14 W.	R.	$^{20}/_{20}$	$7{\cdot}09_{970}$	$7{\cdot}54_{755}$	$7{\cdot}24_{840}$	$5^0\ 2'\ 39''$	6^0	11·05
		L.	$^{20}/_{20}$	$7{\cdot}06_{265}$	$7{\cdot}84_{975}$	$7{\cdot}13_{685}$	$6^0\ 7'\ 2''$	5^0	
2	16 M.	R.	$^{20}/_{30}$	$7{\cdot}39_{765}$	$7{\cdot}92_{580}$	$7{\cdot}54_{755}$	$5^0\ 35'\ 46''$	5^0	12·32
		L.	$^{20}/_{20}$	$7{\cdot}39_{765}$	$7{\cdot}92_{580}$	$7{\cdot}54_{755}$	$5^0\ 35'\ 46''$	5^0	
3	27 M.	R.	$^{30}/_{20}$	$7{\cdot}51_{010}$	$7{\cdot}84_{975}$	$7{\cdot}58_{520}$	$6^0\ 27'\ 3''$	4^0	12·46
		L.	$^{20}/_{20}$	$7{\cdot}51_{010}$	$7{\cdot}84_{975}$	$7{\cdot}58_{520}$	$6^0\ 27'\ 3''$	5^0	
4	19 M.	R. Str. conv.	$^{20}/_{20}$	$7{\cdot}54_{755}$	$8{\cdot}07_{835}$	$7{\cdot}69_{830}$	$5^0\ 35'\ 31''$	8^0	12·32
		L.	$^{20}/_{20}$	$7{\cdot}54_{755}$	$8{\cdot}07_{835}$	$7{\cdot}69_{830}$	$5^0\ 35'\ 31''$	4^0	
5	40 W.	R.	$^{20}/_{20}$	$7{\cdot}54_{755}$	$7{\cdot}92_{580}$	$7{\cdot}73_{615}$	$4^0\ 8'\ 52''$	5^0	11·89
		L.	$^{20}/_{20}$	$7{\cdot}58_{520}$	$7{\cdot}84_{975}$	$7{\cdot}66_{055}$	$5^0\ 39'\ 23''$	4^0	
6	43 M.	R.	$^{20}/_{20}$	$7{\cdot}58_{520}$	$8{\cdot}00_{205}$	$7{\cdot}54_{755}$	$11^0\ 52'\ 58''$	5^0	11·89
		L.	$^{20}/_{20}$	$7{\cdot}54_{755}$	$7{\cdot}96_{390}$	$7{\cdot}73_{615}$	$5^0\ 31'\ 15''$	3^0	
7	18 M.	R.	$^{21}/_{20}$	$7{\cdot}54_{755}$	$7{\cdot}92_{580}$	$7{\cdot}81_{190}$	$1^0\ 44'\ 34''$	8^0	12·17
		L.	$^{21}/_{20}$	$7{\cdot}62_{245}$	$7{\cdot}96_{390}$	$7{\cdot}69_{830}$	$6^0\ 26'\ 53''$	5^0	
8	33 M.	R.	$^{30}/_{20}$	$7{\cdot}69_{830}$	$8{\cdot}04_{020}$	$7{\cdot}92_{580}$	$2^0\ 1'\ 56''$	7^0	11·60
		L.	$^{30}/_{20}$	$7{\cdot}69_{830}$	$8{\cdot}04_{020}$	$7{\cdot}92_{580}$	$2^0\ 1'\ 56''$	2^0	

9	25 M.	R.	$^{25}/_{20}$	$7{\cdot}69_{830}$	$9{\cdot}40_{800}$	$8{\cdot}04_{020}$	$6^0\ 26'\ 35''$	6^0	11·32
		L.	$^{25}/_{20}$	$7{\cdot}73_{615}$	$10{\cdot}17_{855}$	$8{\cdot}04_{020}$	$(7^0\ 30'\ 8'')$	4^0	
10	19 M.	R.	$^{20}/_{20}$	$7{\cdot}73_{615}$	$8{\cdot}04_{020}$	$7{\cdot}84_{975}$	$3^0\ 42'\ 42''$	5^0	11·60
		L.	$^{20}/_{20}$	$7{\cdot}73_{615}$	$8{\cdot}04_{020}$	$7{\cdot}84_{975}$	$3^0\ 42'\ 42''$	2^0	
11	18 M.	R.	$^{20}/_{20}$	$7{\cdot}84_{975}$	$8{\cdot}07_{835}$	$7{\cdot}92_{580}$	$5^0\ 52'\ 26''$	5^0	12·32
		L.	$^{20}/_{20}$	$7{\cdot}77_{375}$	$8{\cdot}27_{025}$	$7{\cdot}88_{775}$	$6^0\ 18'\ 11''$	3^0	
12	$17^1/_2$ M.	R.	$^{25}/_{20}$	$7{\cdot}84_{975}$	$8{\cdot}34_{705}$	$8{\cdot}19_{330}$	$1^0\ 53'\ 30''$	7^0	12·17
		L.	$^{25}/_{20}$	$7{\cdot}73_{615}$	$8{\cdot}42_{460}$	$7{\cdot}92_{580}$	$5^0\ 39'\ 51''$	3^0	
13	32 M.	R.	$^{20}/_{20}$	$7{\cdot}88_{775}$	$8{\cdot}65_{755}$	$8{\cdot}00_{205}$	$9^0\ 12'\ 27''$	6^0	11·46
		L.	$^{20}/_{30}$	$7{\cdot}66_{055}$	$9{\cdot}36_{805}$	$8{\cdot}00_{205}$	$6^0\ 26'\ 25''$	4^0	
14	18 M.	R.	$^{20}/_{20}$	$7{\cdot}77_{375}$	$8{\cdot}85_{320}$	$8{\cdot}19_{330}$	$4^0\ 16'\ 50''$	6^0	12·03
		L.	$^{20}/_{20}$	$7{\cdot}96_{390}$	$9{\cdot}28_{820}$	$8{\cdot}04_{020}$	$8^0\ 51'\ 45''$	3^0	
15	18 M.	R.	$M^1/_{60}\ ^{20}/_{20}$	$8{\cdot}04_{020}$	$8{\cdot}69_{660}$	$8{\cdot}38_{595}$	$3^0\ 4'\ 30''$	6^0	12·32
		L.	$^{25}/_{20}$	$8{\cdot}00_{205}$	$8{\cdot}85_{320}$	$8{\cdot}19_{330}$	$6^0\ 17'\ 26''$	4^0	
16	25 M.	R.	$^{30}/_{20}$	$8{\cdot}04_{020}$	$8{\cdot}54_{085}$	$8{\cdot}15_{500}$	$6^0\ 18'\ 36''$	8^0	12·17
		L.	$M^1/_{60}\ ^{30}/_{20}$	$8{\cdot}04_{020}$	$8{\cdot}54_{085}$	$8{\cdot}15_{500}$	$6^0\ 18'\ 36''$	5^0	
17	17 M.	R.	$^{25}/_{20}$	$8{\cdot}34_{705}$	$9{\cdot}24_{835}$	$8{\cdot}57_{970}$	$5^0\ 50'\ 52''$	5^0	11·75
		L.	$^{25}/_{20}$	$8{\cdot}30_{870}$	$9{\cdot}20_{865}$	$8{\cdot}54_{085}$	$5^0\ 51'\ 1''$	4^0	

gar nicht vor, dass γ, aber häufig, dass α an beiden Augen gleich ist. Betrachten wir Winkel α und γ an demselben Auge, so ergibt sich, dass (selbst wenn wir Minutendifferenzen, die nicht Einem Grade nahe kommen, vernachlässigen) höchst selten α und γ gleich sind. Im Falle 2, in welchem rechts und links ∢ γ, sowie rechter und linker ∢ α gleich sind, sind auch ∢ α und γ unter einander gleich. Im Falle 17 decken sich α und γ am rechten, im Falle 8 am linken Auge. Sonst beobachten wir, dass rechts ∢ α nur 5mal (Nr. 3, 6, 11, 13, 15) grösser, dagegen 10mal kleiner ist als γ, dass ∢ α links hingegen in allen Fällen (mit Ausnahme der zwei, in denen $\alpha = \gamma$) grösser ist als γ. Es hat seine Richtigkeit mit jenem Antagonismus, von welchem Dobrowolsky spricht, das Wunderbare ist nur, dass sich dieser Antagonismus in der Weise geltend macht, dass am rechten Auge in der Mehrzahl der Fälle die Hornhautaxe zwischen Gesichtslinie und Hornhautmitte hindurchgeht, während am linken Auge die Hornhautmitte zwischen Gesichtslinie und der Axe des die Gesichtslinie enthaltenden Hornhautdurchschnitts gelegen ist. Die grösste Differenz zwischen rechtem und linkem ∢ γ beträgt 5° (Nr. 8), die grösste Differenz zwischen rechtem und linkem α (in dem Ausnahmsfalle 6, in welchem rechts $\alpha > 10^0$) 6°, doch auch noch nahezu 5° in Nr. 7. Der grösste Unterschied zwischen rechtem α und γ ist fast 7° (wiederum im Falle 6), doch auch noch über 6° im Falle 7. Der grösste Werth von Winkel γ beträgt 8°; der kleinste 2°; der grösste Winkel α = nahezu 12°, der kleinste = $1^3/_4{}^0$. Der Mittelwerth von ∢ γ rechts = 6°, von ∢ γ links = 3·82°. Der Mittelwerth von ∢ α rechts = 5·25°, von ∢ α links = 5·9°. Der Mittelwerth von ∢ γ aus allen 34 Augen genommen = 4·91°; der entsprechende Mittelwerth von α = 5·58°. Die Mittelwerthe, separat vom rechten und linken Auge für ∢ α und ∢ γ genommen, zeigen (trotz des 12°igen rechten α im Falle 6) deutlich den Gegensatz an, dass rechts γ, links α grösser sei. Der totale Mittelwerth gibt das nichtssagende Resultat, dass beide Winkel nahezu gleich sind. Vor keinem der Winkel steht ein Zeichen, d. h. es fehlt überall das positive Zeichen. In sämmtlichen Augen liegt also Hornhautaxe und Hornhautmitte nach aussen von der Gesichtslinie.

Die letzte Columne der Tabelle gibt die Werthe für den horizontalen Hornhautdurchmesser. Es finden sich auch da zwischen beiden Augen kleine Differenzen, es ist für jedes Individuum ein Mittelwerth *genommen*. Den kleinsten Hornhautdurchmesser (von 11 M^m·) zeigen *die Augen* mit dem kleinsten Radius in der Gesichtslinie (Nr. 1), *doch* wächst der erstere nicht constant mit dem Werthe von r, denn

den grössten Diameter (von 12·46 $M^{m.}$) gibt Fall 5 mit $r = 7{\cdot}5$ $M^{m.}$ Als Mittelwerth wird eine Grösse von 11·93 $M^{m.}$ berechnet.

Gehen wir jetzt zu Tabelle VIII, welche die Daten für Hypermetropie enthält, über, so gibt uns das Studium der ersten Colonnen, welche die Angaben über die Sehschärfe ohne Glas, über das die *Hm* corrigirende Glas, über die Sehschärfe des corrigirten Auges, den Refractionsgrad nach Atropin und den ophthalmoscopischen Werth der Hypermetropie enthalten, manche Details, welche das früher diesbezüglich im Allgemeinen Vorgebrachte illustriren. Ein Fragezeichen bei der Sehschärfe bedeutet, dass dieselbe nicht ganz voll den betreffenden Werth hat, ein Fragezeichen bei dem corrigirenden Glase, dass dieses nicht genau zu ermitteln war. Es wurde dasjenige Glas eingesetzt, welches das untersuchte Individuum mit relativer Sicherheit als das beste bezeichnete, wiewohl letzteres bei geringer Sehschärfe, nach dem Grade der totalen Hypermetropie zu schliessen, häufig offenkundig unrichtig zu schwach angegeben wird. Einigemal kommen als Correctionsgläser convexe und cylindrische Gläser vor. Die betreffenden Fälle von Hypermetropie und Astigmatismus konnten wegen des Strabismus nicht ausgeschlossen werden. Fall 1, 13, 15 (bei welch' letzterem die Augenspiegel-Hypermetropie kleiner war als die Gläserhypermetropie) wurden schon früher erwähnt [1]). Die Fälle sind, mit Ausnahme von Nr. 25 und 26, nach dem Grade der manifesten Hypermetropie geordnet.

Zunächst interessirt uns der Radius in der Gesichtslinie. Es finden sich da am Ende keine anderen Werthe, wie in der Tabelle der Emmetropen. Der Fall 1 mit sehr geringer Hypermetropie (scheinbarer Myopie) zeigt einen Radius von 7 $M^{m.}$, im Falle 17 findet sich diesem kleinsten Radius gegenüber bei $H\ \frac{1}{4{\cdot}5}$ der grösste mit 8·27 $M^{m.}$ Die Tabelle weist eine stattliche Reihe sehr hochgradiger Hypermetropen auf, aber es lässt sich durchaus nicht nachweisen, dass bei den höchsten Graden der Hypermetropie der Radius an Grösse abnehmen würde. Nehmen wir Fall 1, 2, 3, 5, 6, 7 mit H bis $H^1/_{12}$ (rechtes Auge von Nr. 5 hat $H^1/_7$), so ergibt sich für r ein Mittelwerth von 7·550 $M^{m.}$ Genau denselben Mittelwerth von 7·550 $M^{m.}$ erhalten wir auch, wenn wir das Mittel der 18 Augen aus Nr. 4, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, in denen die Hypermetropie $^1/_{12}$ bis $^1/_6$ beträgt, nehmen. Wenn wir dagegen die 18 Augen mit hoch- und höchstgradiger Hypermetropie $^1/_6$ bis

[1]) *S. pag. 418, 377, 285.*

Tabelle VIII.

I. Nr.	II. Alter und Geschlecht	III. Auge	IV. Strabismus	V. Sehschärfe ohne Glas	VI. Die manifeste Hypermetropie wird corrigirt durch Convex	VII. Sehschärfe mit Correctionsglas	VIII. Corrigirendes Glas nach Atropinisirung
1	15 W.	R		$^{20}/_{50}$	scheinbare $M\,^{1}/_{20}$	$^{20}/_{20}$	$-\,^{1}/_{40}$
		L.		$^{20}/_{40}$	scheinbare $M\,^{1}/_{40}$	$^{20}/_{20}$	$-\,^{1}/_{50}$
2	48 W.	R.		$^{20}/_{30}$	$^{1}/_{60}$	$^{20}/_{30}$	
		L.		$^{20}/_{30}$	$^{1}/_{80}$	$^{20}/_{20}$	
3	26 M.	R.		$^{20}/_{30}$	$\frac{1}{\infty}$	$^{20}/_{30}$	
		L.		$^{20}/_{20}$?	$^{1}/_{40}$	$^{20}/_{20}$	
4	22 W.	R.		$^{20}/_{30}$	$^{1}/_{50}$	$^{20}/_{20}$	
		L.		$^{20}/_{20}$?	$^{1}/_{36}$	$^{20}/_{20}$	
5	20 M.	R.		$^{20}/_{20}$	$^{1}/_{36}$	$^{20}/_{20}$	
		L.	Strabismus convergens	$< {}^{20}/_{200}$	$^{1}/_{9}$	$^{20}/_{70}$	
6	57 M.	R.		$^{20}/_{100}$	$^{1}/_{30}$	$^{20}/_{40}$	
		L.		$^{20}/_{70}$	$^{1}/_{30}$	$^{20}/_{30}$	
7	17 W.	R.		$^{20}/_{40}$	$^{1}/_{20}$	$^{20}/_{30}$	
		L.	Strabismus convergens	$^{20}/_{20}$?	$^{1}/_{40}$	$^{20}/_{20}$	
8	34 W.	R.		$^{20}/_{40}$	$^{1}/_{20}$	$^{20}/_{20}$	
		L.		$^{20}/_{200}$?	$^{1}/_{9}$	$^{20}/_{40}$	
9	21 W.	R.		$^{20}/_{200}$	$^{1}/_{18}$	$^{20}/_{40}$	
		L.		$^{20}/_{200}$	$^{1}/_{30}$	$^{20}/_{40}$	
10	19 W.	R.		$^{10}/_{50}$	$^{1}/_{20}$ comb. mit $^{1}/_{40}$ C	$^{10}/_{20}$	
		L.	Strabismus convergens	$^{10}/_{50}$	$^{1}/_{16}$ comb. mit $^{1}/_{20}$ C	$^{10}/_{40}$?	
11	10 M.	R.		$^{20}/_{100}$	$^{1}/_{12}$	$^{20}/_{50}$	
		L.	Strabismus convergens	$^{20}/_{200}$	$^{1}/_{20}$?	$^{10}/_{50}$	
12	44 W.	R.		$^{20}/_{100}$	$^{1}/_{16}$	$^{20}/_{30}$	
		L.		$^{20}/_{70}$	$^{1}/_{24}$	$^{20}/_{30}$	
13	14 W.	R.		$^{20}/_{30}$	$^{1}/_{20}$	$^{20}/_{30}$	
		L.		$^{10}/_{200}$	$^{1}/_{12}$	$^{10}/_{70}$	
14	40 M.	R.		$< {}^{10}/_{200}$	$^{1}/_{16}$?	$^{10}/_{70}$	
		L.		$< {}^{10}/_{200}$	$^{1}/_{10}$	$^{10}/_{50}$	

ermetropie.

opie rel- ung	X. Radius der Hornhaut in der Gesichtslinie	XI. Radius der Hornhaut 20° nach innen von der Gesichtslinie	XII. Radius der Hornhaut 20° nach aussen von der Gesichtslinie	XIII. Winkel (α) zwischen Gesichtslinie und Hornhautaxe	XIV. Winkel (γ) zwischen Blicklinie und Hornhautmitte	XV. Horizontal-Durchmesser der Hornhaut
	$6{\cdot}98_{870}$	$7{\cdot}43_{500}$	$7{\cdot}21_{105}$	3° 21′ 31″	5°	11·89
	$7{\cdot}13_{685}$	$7{\cdot}62_{285}$	$7{\cdot}32_{285}$	4° 28′ 37″	3·5°	
	$7{\cdot}77_{375}$	$8{\cdot}19_{330}$	$7{\cdot}88_{775}$	5° 46′ 42″	8°	11·60
	$7{\cdot}77_{375}$	$8{\cdot}30_{870}$	$7{\cdot}92_{580}$	5° 35′ 42″	5°	
	$7{\cdot}21_{105}$	$7{\cdot}77_{375}$	$7{\cdot}28_{560}$	7° 40′ 41″	7°	11·60
	$7{\cdot}32_{285}$	$8{\cdot}00_{205}$	$7{\cdot}39_{765}$	8° 0′ 56″	5°	
	$7{\cdot}66_{055}$	$8{\cdot}07_{835}$	$7{\cdot}81_{190}$	4° 3′	7°	12·17
	$7{\cdot}73_{615}$	$8{\cdot}11_{600}$	$7{\cdot}73_{615}$	10°	5°	
	$8{\cdot}04_{020}$	$8{\cdot}54_{085}$	$8{\cdot}11_{660}$	7° 37′ 48″	5°	12·17
	$8{\cdot}11_{660}$	$8{\cdot}11_{660}$	$8{\cdot}11_{660}$	0°	5°	
	$7{\cdot}51_{010}$	$7{\cdot}84_{975}$	$7{\cdot}58_{520}$	6° 37′ 28″	9°	12·17
	$7{\cdot}48_{075}$	$7{\cdot}66_{055}$	$7{\cdot}48_{075}$	10°	5°	
	$7{\cdot}62_{285}$	$8{\cdot}00_{205}$	$7{\cdot}88_{775}$	1° 47′ 13″	6°	11·60
	$7{\cdot}62_{285}$	$8{\cdot}07_{835}$	$7{\cdot}77_{375}$	5° 3′ 30″	6°	
	$7{\cdot}62_{285}$	$7{\cdot}81_{190}$	$7{\cdot}62_{285}$	10°	8°	12·17
	$7{\cdot}58_{520}$	$8{\cdot}19_{330}$	$7{\cdot}73_{615}$	6° 1′ 43″	5°	
	$7{\cdot}62_{285}$	$8{\cdot}30_{870}$	$7{\cdot}84_{975}$	5° 0′ 10″	6°	11·89
	$7{\cdot}62_{285}$	$8{\cdot}30_{870}$	$7{\cdot}84_{975}$	5° 0′ 10″	4°	
	$7{\cdot}48_{075}$	$8{\cdot}04_{020}$	$7{\cdot}48_{075}$	10°	10°	11·89
	$7{\cdot}62_{285}$	$8{\cdot}81_{405}$	$7{\cdot}62_{285}$	10°	9°	
	$8{\cdot}19_{330}$	$8{\cdot}81_{405}$	$8{\cdot}27_{025}$	7° 48′ 58″	10°	12·46
	$8{\cdot}19_{330}$	$8{\cdot}81_{405}$	$8{\cdot}27_{025}$	7° 48′ 58″	6°	
	$7{\cdot}45_{755}$	$8{\cdot}50_{200}$	$7{\cdot}62_{285}$	8° 30′ 32″	8°	11·19
	$7{\cdot}54_{755}$	$8{\cdot}73_{565}$	$7{\cdot}54_{755}$	10°	6°	
	$7{\cdot}66_{055}$	$8{\cdot}27_{025}$	$7{\cdot}69_{820}$	8° 50′ 58″	9°	12·03
	$7{\cdot}69_{830}$	$8{\cdot}19_{330}$	$7{\cdot}73_{615}$	8° 36′ 34″	6°	
	$7{\cdot}48_{075}$	$7{\cdot}66_{055}$	$7{\cdot}51_{010}$	7° 17′ 19″	7·5°	11·60
	$7{\cdot}39_{765}$	$8{\cdot}15_{500}$	$7{\cdot}48_{075}$	8° 0′ 40″	6°	

Tabelle VIII.

I. Nr.	II. Alter und Geschlecht	III. Auge	IV. Strabismus	V. Sehschärfe ohne Glas	VI. die manifeste Hypermetropie wird corrigirt durch Convex	VII. Sehschärfe mit Correctionsglas	VIII. Corrigirendes Glas nach Atropinisirung
15	27 W.	R.	Strabismus convergens	$^{20}/_{40}$	$^{1}/_{16}$	$^{20}/_{40}$	$^{1}/_{6}$
		L.		$^{20}/_{40}$	$^{1}/_{9}$	$^{20}/_{40}$	
16	55 M.	R.		$^{20}/_{100}$	$^{1}/_{11}$	$^{20}/_{40}$	
		L.		$^{20}/_{100}$	$^{1}/_{10}$	$^{20}/_{30}$	
17	23 M.	R.		$^{5}/_{200}$	$^{1}/_{9}$?	$^{5}/_{200}$	
		L.		$^{20}/_{70}$	$^{1}/_{10}$	$^{20}/_{50}$	
18	25 W.	R.		$^{20}/_{70}$	$^{1}/_{9}$	$^{20}/_{50}$	
		L.		$^{20}/_{70}$	$^{1}/_{9}$	$^{20}/_{50}$	
19	23 W.	R.	früher Strab. conv.	$^{20}/_{100}$	$^{1}/_{8}$	$^{20}/_{50}$	
		L.		$^{20}/_{70}$	$^{1}/_{9}$	$^{20}/_{40}$	
20	45 M.	R.			$^{1}/_{8}$	$^{10}/_{20}$	
		L.	Strabismus convergens		$^{1}/_{7}$	$^{10}/_{20}$	
21	48 W.	R.		$^{20}/_{200}$	$^{1}/_{6}$	$^{20}/_{50}$	
		L.		$^{10}/_{100}$	mit Gläsern keine Verbesserung		
22	33 M.	R.		$^{20}/_{70}$	$^{1}/_{7}$	$^{20}/_{40}$	$^{1}/_{5}$
		L.		$^{20}/_{200}$	$^{1}/_{6}$	$^{20}/_{70}$	$^{1}/_{4\cdot75}$
23	46 M.	R.		$< ^{20}/_{200}$	$^{1}/_{5}$	$^{20}/_{70}$	
		L.		$< ^{20}/_{200}$	$^{1}/_{5}$	$^{20}/_{50}$	
24	26 M.	R.		$< ^{10}/_{200}$			
		L.		$< ^{10}/_{200}$			
25	21 M.	R.		$^{20}/_{70}$	$^{1}/_{18}$ cylindrisch	$^{20}/_{30}$	
		L.	Strabismus convergens	$^{5}/_{100}$	keine Glasverbesserung		$^{1}/_{9}$ C sunk. mit $^{1}/_{18}$ S $^{10}/_{70}$
26	28 M.	R.		$^{20}/_{40}$	$^{1}/_{30}$ cylindrisch	$^{20}/_{30}$	
		L.	Strabismus divergens	$^{10}/_{50}$	$^{1}/_{16}$ comb. mit $^{1}/_{30}$ C	$^{10}/_{20}$	

Hypermetropie.

IX. Hypermetropie bei der Augenspiegel-Untersuchung	X. Radius der Hornhaut in der Gesichtslinie	XI. Radius der Hornhaut 20° nach innen von der Gesichtslinie	XII. Radius der Hornhaut 20° nach aussen von der Gesichtslinie	XIII. Winkel (α) zwischen Gesichtslinie und Hornhautaxe	XIV. Winkel (γ) zwischen Blicklinie und Hornhautmitte	XV. Horizontal-Durchmesser der Hornhaut
geringer als mit Gläsern	$7{\cdot}48_{075}$	$7{\cdot}77_{375}$	$7{\cdot}54_{755}$	$6^0\ 22'\ 13''$	6^0	$11{\cdot}60$
	$7{\cdot}73_{615}$	$8{\cdot}38_{595}$	$7{\cdot}77_{375}$	$8^0\ 54'\ 43''$	7^0	
$^1/_7$	$7{\cdot}21_{105}$	$7{\cdot}66_{055}$	$7{\cdot}48_{075}$	$2^0\ 30'\ 13''$	8^0	$11{\cdot}60$
$^1/_7$	$7{\cdot}21_{105}$	$7{\cdot}66_{055}$	$7{\cdot}48_{075}$	$2^0\ 30'\ 13''$	4^0	
$^1/_{4{\cdot}5}$	$8{\cdot}27_{025}$	$8{\cdot}27_{025}$	$8{\cdot}61_{860}$	-10^0	-2^0	$12{\cdot}32$
$^1/_{5{\cdot}5}$	$7{\cdot}96_{390}$	$8{\cdot}81_{405}$	$8{\cdot}15_{500}$	$6^0\ 17'\ 29''$	5^0	$12{\cdot}17$
$^1/_{5{\cdot}33}$	$7{\cdot}92_{580}$	$8{\cdot}57_{970}$	$7{\cdot}92_{580}$	10^0	$9{\cdot}5^0$	$11{\cdot}32$
$^1/_6$	$7{\cdot}92_{580}$	$8{\cdot}57_{970}$	$7{\cdot}92_{580}$	10^0	5^0	
$^1/_{5{\cdot}5}$	$7{\cdot}48_{075}$	$8{\cdot}07_{835}$	$7{\cdot}66_{055}$	$5^0\ 46'\ 4''$	8^0	$11{\cdot}46$
$^1/_{5{\cdot}5}$	$7{\cdot}39_{765}$	$8{\cdot}04_{020}$	$7{\cdot}51_{010}$	$8^0\ 16'\ 51''$	4^0	
	$7{\cdot}48_{075}$	$8{\cdot}15_{500}$	$7{\cdot}54_{755}$	$8^0\ 7'\ 31''$	$6{\cdot}5^0$	$11{\cdot}60$
	$7{\cdot}24_{840}$	$8{\cdot}11_{660}$	$7{\cdot}77_{375}$	$2^0\ 25'$	4^0	
	$7{\cdot}66_{055}$	$8{\cdot}38_{595}$	$7{\cdot}66_{055}$	10^0	10^0	$12{\cdot}03$
$^1/_4$	$7{\cdot}73_{615}$	$8{\cdot}46_{325}$	$7{\cdot}84_{975}$	$7^0\ 17'\ 29''$	5^0	
$^1/_4$	$7{\cdot}58_{520}$	$8{\cdot}38_{595}$	$7{\cdot}96_{390}$	$3^0\ 31'\ 1''$	8^0	$11{\cdot}19$
$^1/_4$	$7{\cdot}58_{520}$	$8{\cdot}32_{370}$	$7{\cdot}94_{080}$	$3^0\ 27'\ 3''$	3^0	
$^1/_{4{\cdot}5}$	$7{\cdot}43_{500}$	$7{\cdot}81_{190}$	$7{\cdot}66_{055}$	$2^0\ 52'\ 4''$	$8{\cdot}5^0$	$11{\cdot}72$
$^1/_{4{\cdot}5}$	$7{\cdot}51_{010}$	$7{\cdot}84_{975}$	$7{\cdot}54_{755}$	$7^0\ 8'\ 9''$	5^0	
$^1/_{3{\cdot}5}$	$7{\cdot}88_{775}$	$8{\cdot}23_{175}$	$8{\cdot}04_{020}$	$3^0\ 54'\ 40''$	7^0	$12{\cdot}17$
$^1/_4$	$7{\cdot}84_{975}$	$8{\cdot}30_{870}$	$7{\cdot}88_{775}$	$8^0\ 30'\ 42''$	5^0	
H u. As	$8{\cdot}11_{660}$	$9{\cdot}52_{830}$	$8{\cdot}04_{020}$	$11^0\ 15'\ 54''$	$7{\cdot}5^0$	$11{\cdot}05$
	$8{\cdot}19_{330}$	$9{\cdot}20_{465}$	$8{\cdot}27_{025}$	$8^0\ 33'\ 57''$	9^0	
geringer *Ah*	$7{\cdot}73_{615}$	$8{\cdot}00_{205}$	$8{\cdot}11_{660}$	$-4^0\ 17'$	3^0	$11{\cdot}89$
$^1/_{6{\cdot}5}$	$7{\cdot}77_{375}$	$8{\cdot}19_{330}$	$8{\cdot}00_{205}$	$1^0\ 46'\ 50''$	3^0	

$\frac{1}{3 \cdot 5}$ (rechtes Auge von 11 hat $H^1/_8$) in Betracht ziehen, wie sie in Nr. 9, 11, 13, 17, 19, 21, 22, 23, 24 sich finden, dann erhalten wir für den Radius in der Gesichtslinie den Werth von 7·744 $M^{m.}$, also einen grösseren als früher. Da, wo in dieser letzten Serie eine deutliche Differenz in der Hypermetropie beider Augen sich findet, sind die Radien in der Gesichtslinie gleich (wie in Nr. 11 mit einer Refractionsdifferenz $^1/_8$, in Nr. 9) oder in dem Auge mit der höheren Hypermetropie grösser (im Fall 17, 21). Man kann, da auch bei gleicher Refraction der Augen die Radien verschieden sein können, aus dem letzten Verhalten nur den Schluss ziehen, dass der Radius mit dem Höhengrade der Hypermetropie in keinem Zusammenhange steht. Donders fand bei Hypermetropie grössere absolute Werthe für r. Bei 27 männlichen Emmetropen fand er im Mittel $r = 7{\cdot}785$, bei 11 weiblichen Emmetropen $r = 7{\cdot}719$ $M^{m.}$, daraus lässt sich für 38 emmetropische Individuen für den Radius in der Gesichtslinie ein Mittelwerth von 7·766 $M^{m.}$ berechnen. Bei 26 männlichen Hypermetropen war r im Mittel $= 7{\cdot}96$, bei 15 weiblichen $= 7{\cdot}767$, das totale Mittel beträgt 7·889 $M^{m.}$ Bei Männern war im Mittel für $H^1/_5$ bis $H^1/_{10}$ $r = 7{\cdot}935$, bei $H^1/_{12}$ bis $^1/_{20}$ $r = 8{\cdot}010$ bei $H^1/_{20}$ bis $^1/_{60}$ $r = 7{\cdot}939$ $M^{m.}$ Bei weiblichen Hypermetropen war $r = 7{\cdot}876$ für $H^1/_6$ bis $^1/_{20}$ und 7·792 $M^{m.}$ bei $H \gtrless {}^1/_{20}$. Wenn man diese Messungsresultate von Donders betrachtet, so hätte Donders eigentlich zum Schlusse kommen sollen, dass der Radius in der Gesichtslinie bei Hypermetropie grösser als bei Emmetropie ist, dagegen wird die Abnahme des Radius bei hohen Graden von Hypermetropie eigentlich nicht klar. Doch sagt Donders: „Selbst in hohen Graden von Hypermetropie fand ich den Radius in der Gesichtslinie beinahe ebenso gross, wie im emmetropischen Auge, und in den höchsten Graden, in denen der Umfang der Hornhaut etwas kleiner als gewöhnlich ist, fand ich auch den Halbmesser kleiner.“ Anlässlich der Bemerkung über den Hornhautumfang können wir uns gleich aus der letzten Columne der Tabelle VIII die Daten für den Hornhautdurchmesser herausholen. Wir finden, indem wir die zwei letzten Fälle nicht berücksichtigen, als kleinsten Werth 11·19 $M^{m.}$ bei $H\ ^1/_4$ (Nr. 22), als grössten 12·46 $M^{m.}$ gleichfalls bei $H^1/_4$, resp. $H^1/_8$ (Nr. 11) in den Augen eines 10jährigen Knaben. Ein so kleiner Hornhautdurchmesser (von 11·05 $M^{m.}$), wie ihn die emmetropischen Augen im Falle 1 (Tabelle VII) zeigen, kommt nicht vor, andererseits zeigt sich in der emmetropischen Scala auch kein grösserer diesbezüglicher Werth, als der von 12·46 $M^{m.}$ Nehmen wir die Mittelwerthe aus den 3 Abthei-

lungen, in welche wir früher die 24 Fälle brachten, so bekommen wir den Hornhautdurchmesser bei Hypermetropie bis $H^1/_{12}$ gleich 11·84, bei $H^1/_{12}$ bis $H^1/_6$ gleich 11·68 und bei $H^1/_6$ bis $H\,\frac{1}{3\cdot5}$ gleich 11·94 M^m. Wir wollen aus diesen Werthen nicht den allgemeinen Schluss ziehen, dass der Hornhautdurchmesser bei den höchsten Graden von Hypermetropie am grössten sei, ebensowenig als wir eine Zunahme des Radius mit dem Grade der Hypermetropie als etwas allgemein Giltiges aufstellten, aber soviel können wir sagen, dass selbst bei den höchsten Graden von Hypermetropie der Hornhautdurchmesser ebenso wenig als der Radius abzunehmen braucht.

Gehen wir zu den Winkeln α und γ in den ersten 24 Fällen über. Wir erkennen da bald, dass das gegenseitige Verhältniss der beiden Winkel ähnlich wie bei Emmetropie sich gestaltet. Auch da ist $\sphericalangle\,\alpha$ am rechten Auge nur einigemal grösser als γ, links hingegen nur einigemal kleiner. Einigemal ist am rechten Auge $\sphericalangle\,\alpha = \gamma$, oder ist ihm wegen geringer Differenz gleichzusetzen. Die verschiedene Refraction hat keinen ausgesprochenen Einfluss. Der grösste Winkel α ist gleich $+\,10^0$, der kleinste Winkel $\alpha = -\,10^0$. Dies letztere findet sich in dem exceptionellen Falle 17. Hier ist in dem rechten Auge mit hochgradiger Hypermetropie $\left(H\frac{1}{4\cdot5}\right)$ $\sphericalangle\,\alpha$ und $\sphericalangle\,\gamma$ negativ, d. h. sowohl Hornhautaxe als Hornhautmitte liegen nach innen von der Gesichtslinie, differiren aber um 8^0. Am anderen Auge mit geringerer H $\left(H\frac{1}{5\cdot5}\right)$ sind beide Werthe positiv. Der grösste Winkel γ ist gleichfalls $+\,10$, der kleinste $-\,2^0$ in dem soeben erwähnten Auge. In diesem Falle ist auch die grösste Differenz sowohl zwischen den Winkeln α als den Winkeln γ beider Augen zu finden, die erstere beträgt 16^0, die letztere 7^0. Dies ist auch noch (nebst Nr. 15 mit der geringen Differenz von 1^0 zu Gunsten des linken Auges) der einzige Fall, in welchem linker $\sphericalangle\,\gamma$ grösser ist, als der rechte. Sonst ist immer $\sphericalangle\,\gamma$ rechts grösser. $\sphericalangle\,\alpha$ ist wieder, wie bei Emmetropen, häufiger als $\sphericalangle\,\gamma$ an beiden Augen gleich oder nahezu gleich, grösser ist rechter Winkel α nur 4mal, 11mal dagegen wesentlich kleiner. Lassen wir den exceptionellen Fall 17 aus dem Spiele, so ergeben sich folgende Mittelwerthe:

Für $H < H^1/_8$: Rechts: $\sphericalangle\,\gamma$ $7{\cdot}32^0$ $\sphericalangle\,\alpha$ $6{\cdot}61^0$
Links: $\sphericalangle\,\gamma$ $5{\cdot}5^0$ $\sphericalangle\,\alpha$ $7{\cdot}02^0$

Für $H > {}^1/_8$: Rechts: $\sphericalangle\, \gamma$ 8·08° $\sphericalangle\, \alpha$ 6·24°
Links: $\sphericalangle\, \gamma$ 4·8° $\sphericalangle\, \alpha$ 6·52°

Die totalen Mittelwerthe sind:

Rechts: $\sphericalangle\, \gamma$ 7·72° $\sphericalangle\, \alpha$ 6·42°
Links: $\sphericalangle\, \gamma$ 5·35° $\sphericalangle\, \alpha$ 6·83°

Der Gesammtmittelwerth ohne Rücksicht auf rechtes und linkes Auge:

$\sphericalangle\, \gamma$ 6·53° $\sphericalangle\, \alpha$ 6·62°.

Wir sehen, dass auch in den Mittelwerthen (natürlich nicht in den letzten) der Antagonismus zwischen rechtem und linkem Auge in Betreff der Grösse von α und γ deutlich ausgesprochen ist. Wir haben bisher die Fälle von Strabismus von den übrigen nicht abgesondert. Ehe wir auf die Thatsachen, die sich aus dem Vergleiche der Schielenden und Nichtschielenden ergeben, eingehen, wollen wir, um den Einfluss der Winkel γ auf scheinbaren und wirklichen Strabismus an den vorliegenden Beispielen zu erläutern, zunächst die Tabelle IX, welche die Angaben über 74 myopische Augen von 38 Individuen enthält, einer Durchsicht unterziehen. Es ergeben sich für r (Radius in der Gesichtslinie) und für D (Durchmesser der Hornhaut) folgende Werthe:

		r	D	
$M^1/_{60}$ bis ${}^1/_{12}$	(11 Fälle mit 22 Augen)	7·607	11·90	(aus 11 Werthen)
$M^1/_{12}$ bis ${}^1/_6$	(10 Fälle mit 20 Augen)	7·574	11·93	(„ 8 „)
$M^1/_6$ bis ${}^1/_3$	(11 Fälle mit 22 Augen)	7·692	12·06	(„ 11 „)
$M^1/_3$ bis ${}^1/_{2\cdot1}$	(6 Fälle mit 10 Augen)	7·312	11·63	(„ 7 „)

Als totale Mittelwerthe werden berechnet für

Myopie: $r = 7{\cdot}584$ M$^{m.}$ $D = 11{\cdot}9$ M$^{m.}$

In der Tabelle stehen die corrigirenden Gläser. $M^1/_6$ beginnt, wenn die Correction $-\frac{1}{5\cdot5}$; $M^1/_3$ bei einer Correction durch $-\frac{1}{2\cdot5}$. $M\frac{1}{2\cdot1}$ trifft jene zwei Augen, in welchen zur Correction $-({}^1/_8 + {}^1/_9) = -\frac{1}{1\cdot6}$, dicht an's Auge gehalten, nöthig war. Wir erhielten für Hypermetropie:

	r	D
H bis ${}^1/_{12}$	7·550	11·84
$H^1/_{12}$ bis ${}^1/_6$	7·550	11·68
$H^1/_6$ bis ${}^1/_{3\cdot5}$	7·744	11·94

Als totale Mittelwerthe werden berechnet für

Hypermetropie: $r = 7{\cdot}623$ M$^{m.}$ $D = 11{\cdot}82$ M$^{m.}$

Als totale Mittelwerthe wurden berechnet für

Emmetropie: $r = 7{\cdot}708$ M$^{m\cdot}$ $D = 11{\cdot}93$ M$^{m\cdot}$

Die 4 Mittelwerthe bei Myopie zeigen mit Ausnahme des letzten nur ganz unbedeutende Differenzen. Ebenso sind die grössten und kleinsten Werthe, die sich in jeder der 2 ersten Abtheilungen finden, nicht differirend von anderen schon bekannten Werthen. Bei $M\,1/60$ bis $1/12$ grösster Werth von r mit $8{\cdot}23$ M$^{m\cdot}$ bei niederster Myopie ($M\,1/60$ im linken Auge von Fall 2); kleinster Werth von r mit $7{\cdot}29$ bei $M\,1/30$ (Fall 3). Bei $M\,1/12$ bis $1/6$ hat r den grössten Werth von $7{\cdot}93$ M$^{m\cdot}$ in dem rechten Auge von Fall 15 mit $M\,1/8$, den kleinsten Werth von $7{\cdot}17$ M$^{m\cdot}$ bei $M\,\frac{1}{6{\cdot}5}$ (Fall 19). In der 3. Reihe, in welcher $M\,1/6$ bis $1/3$ herrscht, zeigt r den grössten Werth von $8{\cdot}04$ M$^{m\cdot}$ bei $M\,\frac{1}{5{\cdot}5}$ (Nr. 23) und bei M$\,1/4$ (resp. $1/3{\cdot}5$) im Falle 30. Der kleinste Werth von $7{\cdot}29$ M$^{m\cdot}$ zeigt sich bei $M\,\frac{1}{5{\cdot}25}$ (Nr. 29). Es wird sowohl aus den Mittelwerthen, als auch aus den Maximal- und Minimalwerthen klar, dass sich ein Zusammenhang zwischen Radius und dem Grade der Myopie bis $M\,1/3$ nicht nachweisen lässt. Der Mittelwerth für die 10 Augen mit der höchsten Myopie ist jedoch entschieden kleiner. Die Augen zeigen mit Ausnahme des Falles 35 (rechts $M\,\frac{1}{2{\cdot}75}$ mit $r = 8$, links $M\,\frac{1}{2{\cdot}5}$ mit $r = 7{\cdot}81$ M$^{m\cdot}$) kleine Radien und den kleinsten Radius von $6{\cdot}33$ M^{m}., den ich überhaupt je in einer ungetrübten und nicht keratoconischen Hornhaut gefunden habe, zeigt das Auge mit der höchsten $M\,\frac{1}{2{\cdot}1}$ (Fall 38, links). Es herrscht seit Donders' Messungen die Ansicht, dass r in den höchsten Graden von Hypermetropie abnimmt, dagegen in den höchsten Graden von Myopie als Regel ein grosser Hornhautradius und überhaupt durchschnittlich bei Myopie eine weniger convexe Hornhaut gefunden wird. Donders führt pag. 77 [1]) seines Werkes über Refractions- und Accommodations-Anomalien folgende Daten auf:

Bei 25 männlichen Myopen r im Mittel $= 7{\cdot}874$ M$^{m\cdot}$
„ 12 weiblichen „ „ „ „ $= 7{\cdot}867$ „

[1]) pag. 89 und 90 der englischen Ausgabe.

Tabelle IX.

I. Nr.	II. Alter und Geschlecht	III. Auge	IV. Correctionsglas concav	V. Sehschärfe	VI. Correctionsglas nach Atropinisirung	VII. Myopie bei der Augenspiegel-prüfung
1	46 M.	R.	1/30	20/20		
		L.	1/24	20/20		
2	22 M.	R.	1/20	20/20		
		L.	1/60	20/20		
3	13 M.	R.	1/16	20/40	1/30	1/30
		L.	1/16	20/40	1/24	1/30
4	15 M.	R.	1/14	20/20		
		L.	1/18	20/20		
5	24 M.	R.	1/12	20/20		1/24
		L.	1/20	20/30		1/40
6	23 M.	R.	1/12	20/30		
		L.	1/12	20/40		
7	45 W.	R.	1/11	10/40		
		L.	1/16	10/30		
8	24 M.	R.	1/11	20/30	1/15	
		L.	1/14	20/30	1/20	
9	30 M.	R.	1/11	20/20		1/20
		L.	1/14	20/20		1/30
10	15 M.	R.	1/10	20/40		
		L.	1/10	20/40		
11	14 M.	R.	1/10	20/30		
		L.	1/10	20/30		
12	12 W.	R.	1/9	20/20	1/12	
		L.	1/9	20/30	1/11	
13	15 M.	R.	1/12	20/30		
		L.	1/8	20/30		
14	19 W.	R.	1/9	20/20		1/24
		L.	1/8	20/20		1/24

Myopie.

VIII. Radius der Hornhaut in der Gesichtslinie	IX. Radius der Hornhaut 20° nach innen von der Gesichtslinie	X. Radius der Hornhaut 20° nach aussen von der Gesichtslinie	XI. Winkel (α) zwischen Gesichtslinie und Hornhautaxe	XII. Winkel (γ) zwischen Blicklinie und Hornhautmitte	XIII. Horizontal-Durchschnitt der Hornhaut
$7{\cdot}54_{755}$	$7{\cdot}92_{580}$	$7{\cdot}88_{775}$	$+0^0\,31'\,53''$	$+5^0$	11·60
$7{\cdot}66_{055}$	$8{\cdot}00_{205}$	$7{\cdot}84_{975}$	$+2^0\,54'\,21''$	$+3^0$	
$8{\cdot}15_{500}$	$8{\cdot}30_{870}$	$8{\cdot}54_{085}$	$+1^0\,33'\,32''$	$+3{\cdot}5^0$	11·60
$8{\cdot}23_{175}$	$8{\cdot}30_{870}$	8.42_{460}	$+4^0\,23'\,47''$	$+2^0$	
$7{\cdot}28_{560}$	$7{\cdot}51_{010}$	$7{\cdot}73_{615}$	$-1^0\,30'\,22''$	$+4^0$	12·03
$7{\cdot}39_{765}$	$1{\cdot}54_{755}$	$7{\cdot}69_{830}$	$-3^0\,23'\,46''$	$+3^0$	
$7{\cdot}62_{285}$	$7{\cdot}93_{690}$	$7{\cdot}73_{615}$	$+5^0\;4'\,50''$	$+3^0$	12·17
$7{\cdot}62_{285}$	$8{\cdot}11_{660}$	$7{\cdot}84_{975}$	$+3^0\,42'\,45''$	$+3^0$	
$7{\cdot}88_{775}$	$8{\cdot}19_{330}$	$8{\cdot}19_{330}$	0^0	$+1^0$	12·17
$7{\cdot}81_{190}$	$8{\cdot}27_{025}$	$8{\cdot}07_{835}$	$+2^0\,37'\;8''$	$+1{\cdot}5$	
$7{\cdot}43_{500}$	$7{\cdot}69_{830}$	$7{\cdot}58_{520}$	$+2^0\,47'\,11''$	$+5^0$	11·89
$7{\cdot}43_{500}$	$7{\cdot}69_{830}$	$7{\cdot}58_{520}$	$+2^0\,47'\,11''$	$+3^0$	
$7{\cdot}43_{500}$	$7{\cdot}51_{010}$	$7{\cdot}43_{510}$	$+10^0$	$+10^0$	11·60
$7{\cdot}36_{015}$	$7{\cdot}77_{375}$	$7{\cdot}51_{010}$	$+4^0\,42'\,59''$	$+4^0$	
$7{\cdot}84_{975}$	$8{\cdot}04_{020}$	$7{\cdot}92_{580}$	$+6^0\;2'\,27''$	$+3^0$	12·46
$7{\cdot}84_{975}$	$8{\cdot}04_{020}$	$7{\cdot}92_{580}$	$+6^0\;2'\,27''$	$+3^0$	
$7{\cdot}69_{830}$	$7{\cdot}77_{375}$	$7{\cdot}92_{580}$	$-5^0\;8'\,34''$	$+4^0$	12·17
$7{\cdot}58_{520}$	$8{\cdot}00_{205}$	$7{\cdot}88_{775}$	$+1^0\,35'\,37''$	$+2^0$	
$7{\cdot}48_{075}$	$8{\cdot}23_{175}$ bei 25°	$7{\cdot}51_{010}$ bei 25°	$+11^0\,35'\,52''$	$+5^0$	11·60
$7{\cdot}48_{075}$	$8{\cdot}34_{705}$ 〃 〃	$7{\cdot}77_{375}$ 〃 〃	$+6^0\,12'\;8''$	$+3^0$	
$7{\cdot}73_{615}$	$7{\cdot}84_{975}$	$7{\cdot}96_{390}$	$-3^0\,24'\,49''$	$+3^0$	11·89
$7{\cdot}73_{615}$	$7{\cdot}96_{390}$	$7{\cdot}84_{975}$	$+3^0\,24'\,49''$	0^0	
$7{\cdot}73_{615}$	$8{\cdot}30_{870}$	$8{\cdot}00_{205}$	$+3^0\,39'\;2''$	$+4^0$	11·89
$7{\cdot}73_{615}$	$8{\cdot}30_{870}$	$8{\cdot}00_{205}$	$+3^0\,39'\;2''$	$+2^0$	
$7{\cdot}24_{840}$	$7{\cdot}32_{285}$	$7{\cdot}32_{285}$	0^0	$+4^0$	11·05
$7{\cdot}06_{265}$	$7{\cdot}17_{400}$	$7{\cdot}32_{285}$	$-4^0\,28'\,13''$	$+4^0$	
$7{\cdot}54_{755}$	$8{\cdot}04_{020}$	$7{\cdot}84_{975}$	$+1^0\,54'\,35''$	$+6^0$	12·17
$7{\cdot}62_{285}$	$8{\cdot}30_{870}$	$7{\cdot}96_{390}$	$+3^0\,19'\,14''$	$+3^0$	

Tabelle IX.

I. Nr.	II. Alter und Geschlecht	III. Auge	IV. Correctionsglas concav	V. Sehschärfe	VI. Correctionsglas nach Atropinisirung	VII. Myopie bei der Augenspiegel-prüfung
15	11 M.	R.	$^1/_{7\cdot5}$	$^{20}/_{30}$		
		L.	$^1/_9$	$^{20}/_{20}$		
16	21 M.	R.	$^1/_{7\cdot5}$	$^{20}/_{20}$		
		L.	$^1/_9$	$^{20}/_{30}$		
17	24 M.	R.	$^1/_6$	$^{20}/_{50}$	$^1/_7$	
		L.	$^1/_8$	$^{20}/_{50}$	$^1/_9$	
18	21 W.	R.	$^1/_6$	$^{20}/_{30}$	$^1/_{7\cdot5}$	$^1/_{10}$
		L.	$^1/_7$	$^{20}/_{40}$	$^1/_8$	$^1/_{12}$
19	12 M.	R.	$^1/_6$	$^{20}/_{30}$	$^1/_6$	
		L.	$^1/_6$	$^{20}/_{40}$	$^1/_6$	
20	19 M.	R.	$^1/_6$	$^{20}/_{20}$		
		L.	$^1/_6$	$^{20}/_{30}$		
21	24 M.	R.	$^1/_{5\cdot5}$	$^{20}/_{30}$		
		L.	$^1/_{6\cdot5}$	$^{20}/_{40}$		
22	34 W.	R.	$^1/_6$	$^{10}/_{50}$		
		L.	$^1/_5$	$^{10}/_{50}$		
23	13 M.	R.	$^1/_5$	$^{20}/_{30}$		
		L.	$^1/_5$	$^{20}/_{30}$		
24	26 M.	R.	$^1/_{4\cdot5}$	$^{20}/_{30}$		
		L.	$^1/_{4\cdot75}$	$^{20}/_{40}$		
25	24 M.	R.	$^1/_{3\cdot75}$	$^{20}/_{30}$		
		L.	$^1/_4$	$^{20}/_{30}$		
26	22 M.	R.	$^1/_{4\cdot75}$	$^{20}/_{30}$	$^1/_4$	
		L.	$^1/_{3\cdot5}$	$^{20}/_{30}$	$^1/_8$	
27	10 M.	R.	$^1/_{3\cdot5}$	$^{10}/_{70}$	$^1/_{3\cdot5}$	
		L.	$^1/_{4\cdot25}$	$^{10}/_{40}$	$^1/_4$	
28	49 M.	R.	$^1/_{3\cdot75}$	$^{20}/_{40}$		
		L.	$^1/_{3\cdot5}$	$^{20}/_{50}$		

Myopie.

VIII. Radius der Hornhaut in der Gesichtslinie	IX. Radius der Hornhaut 20° nach innen von der Gesichtslinie	X. Radius der Hornhaut 20° nach aussen von der Gesichtslinie	XI. Winkel (α) zwischen Gesichtslinie und Hornhautaxe	XII. Winkel (γ) zwischen Blicklinie und Hornhautmitte	XIII. Horizontal-Durchschnitt der Hornhaut
$7{\cdot}92_{580}$	$8{\cdot}34_{705}$	$8{\cdot}15_{500}$	$+2^0\,58'\,30''$	$+6^0$	$12{\cdot}17$
$7{\cdot}84_{975}$	$8{\cdot}30_{870}$	$8{\cdot}04_{020}$	$+4^0\,9'\,48''$	$+3^0$	
$7{\cdot}58_{520}$	$8{\cdot}15_{500}$	$7{\cdot}73_{615}$	$+5^0\,49'\,28''$	$+6^0$	
$7{\cdot}51_{010}$	$8{\cdot}04_{020}$	$7{\cdot}69_{830}$	$+4^0\,46'\,15''$	$+1^0$	
$7{\cdot}43_{500}$	$7{\cdot}58_{520}$	$7{\cdot}58_{520}$	0^0	$+3^0$	$11{\cdot}46$
$7{\cdot}48_{075}$	$7{\cdot}81_{190}$	$7{\cdot}58_{520}$	$+5^0\,16'\,24''$	0^0	
$7{\cdot}66_{055}$	$8{\cdot}11_{660}$	$7{\cdot}84_{975}$	$+4^0\,26'\,36''$	$+5^0$	$12{\cdot}17$
$7{\cdot}48_{075}$	$8{\cdot}00_{205}$	7.88_{775}	$+1^0\,13'\,18''$	$+1^0$	
$7{\cdot}24_{840}$	$7{\cdot}36_{015}$	$7{\cdot}58_{520}$	$-5^0\,4'\,39''$	$+2^0$	$11{\cdot}76$
$7{\cdot}17_{400}$	$7{\cdot}39_{765}$	$7{\cdot}48_{075}$	$-1^0\,40'\,1''$	0^0	
$7{\cdot}73_{615}$	$8{\cdot}00_{205}$	$8{\cdot}00_{205}$	0^0	$+4^0$	$12{\cdot}46$
$7{\cdot}73_{615}$	$8{\cdot}00_{205}$	$8{\cdot}00_{205}$	0^0	$+4^0$	
$7{\cdot}58_{520}$	$7{\cdot}88_{775}$	$7{\cdot}81_{190}$	$+1^0\,27'\,10''$	$+4^0$	
$7{\cdot}62_{285}$	$8{\cdot}04_{020}$	$7{\cdot}73_{615}$	$+5^0\,46'\,56''$	$+1{\cdot}5^0$	
$7{\cdot}66_{055}$	$8{\cdot}50_{200}$	$7{\cdot}66_{055}$	$+10^0$	$+10^0$	$11{\cdot}60$
$7{\cdot}54_{755}$	$8{\cdot}27_{025}$	$7{\cdot}92_{580}$	$+3^0\,4'\,55''$	$+6^0$	
$8{\cdot}04_{020}$	$8{\cdot}04_{020}$	$8{\cdot}04_{020}$	0^0	$+5^0$	$12{\cdot}76$
$7{\cdot}88_{775}$	$8{\cdot}04_{020}$	$7{\cdot}92_{580}$	$+6^0\,7'\,50''$	$+1^0$	
$7{\cdot}58_{520}$	$7{\cdot}92_{580}$	$7{\cdot}88_{775}$	$+0^0\,35'\,47''$	$+3^0$	$11{\cdot}60$
$7{\cdot}54_{755}$	$7{\cdot}92_{580}$	$7{\cdot}73_{615}$	$+1^0\,55'\,9''$	0^0	
$7{\cdot}69_{830}$	$8{\cdot}00_{205}$	$8{\cdot}00_{205}$	0^0	$+7^0$	$11{\cdot}75$
$7{\cdot}92_{580}$	$8{\cdot}04_{020}$	$8{\cdot}11_{660}$	$+2^0\,33'\,4''$	0^0	
$7{\cdot}39_{765}$	$7{\cdot}77_{375}$	$7{\cdot}84_{975}$	$-0^0\,54'\,56''$	$+5^0$	
$7{\cdot}36_{015}$	$7{\cdot}69_{880}$	$7{\cdot}73_{615}$	$-0^0\,31'\,51''$	0^0	
$7{\cdot}54_{755}$	$7{\cdot}92_{580}$	$7{\cdot}73_{615}$	$+3^0\,25'\,28''$	$+3^0$	$12{\cdot}17$
$7{\cdot}58_{520}$	$8{\cdot}15_{500}$	$7{\cdot}77_{375}$	$+5^0\,1'\,58''$	-5^0	
$7{\cdot}69_{830}$	$7{\cdot}96_{390}$	$7{\cdot}96_{390}$	0^0	$+6^0$	$12{\cdot}17$
$7{\cdot}73_{615}$	$8{\cdot}30_{870}$	$7{\cdot}84_{975}$	$+6^0\,42'\,36''$	$+5^0$	

Tabelle IX.

I. Nr.	II. Alter und Geschlecht	III. Auge	IV. Correctionsglas concav	V. Sehschärfe	VI. Correctionsglas nach Atropinisirung	VII Myopie bei der Augenspiegelprüfung
29	21 M.	R.	$^1/_3$	$^{10}/_{30}$	$^1/_4$	
		L.	$^1/_{3\cdot25}$	$^{10}/_{30}$	$^1/_{4\cdot25}$	
30	35 W.	R.	$^1/_{3\cdot5}$	$^{10}/_{40}$		
		L.	$^1/_3$	$^{10}/_{40}$		
31	32 M.	R.	$^1/_{2\cdot75}$	$^{10}/_{20}$	$^1/_{2\cdot75}$	
		L.	$^1/_{3\cdot5}$	$^{10}/_{20}$	$^1/_{3\cdot5}$	
32	42 M.	R.	$^1/_{2\cdot75}$	$^{10}/_{70}$		
		L.	$^1/_{2\cdot75}$	$^{10}/_{40}$		
33	16 W.	R.	$^1/_{2\cdot5}$	$^{10}/_{40}$		
		L.	$^1/_{2\cdot75}$	$^{10}/_{40}$		
34	13 M.	R.	$^1/_{2\cdot25}$	$^{10}/_{30}$		
		L.	$^1/_{2\cdot25}$	$^{10}/_{30}$		
35	26 M.	R.	$^1/_{2\cdot5}$	$^{10}/_{200}$	$^1/_{2\cdot25}$	
		L.	$^1/_2$	$^{10}/_{40}$	$^1/_2$	
36	37 W.	R.	Amaurosis (Secundärglaucom nach Pupillar-			
		L.	$^1/_2$	$^{10}/_{50}$		
37	40 W.	R.	Netzhautablösung			
		L.	$^1/_{1\cdot6}$	$^{10}/_{100}$		
38	19 M. Schlechtstaar	R.	$^1/_2$	$^5/_{100}$		
		L.	$^1/_{1\cdot6}$	$^5/_{100}$		

Nach dem Grade der Myopie ergibt sich:

bei Männern
- *M* grösser als $^1/_4$ $r = 7\cdot930$
- *M* „ „ $^1/_{10}$ „ $= 7\cdot829$
- *M* kleiner „ $^1/_{10}$ „ $= 7\cdot867$
- (Emmetropie „ $= 7\cdot785$)

bei Weibern
- *M* grösser als $^1/_4$ $r = 7\cdot935$
- *M* kleiner „ $^1/_{10}$ „ $= 7\cdot780$
- (Emmetropie „ $= 7\cdot719$)

Diesen Angaben über die Augen von **37** myopischen Individuen gegenüber (von denen die weiblichen in die sonderbare Unterabtheilung

Myopie.

VIII. Radius der Hornhaut in der Gesichtslinie	IX. Radius der Hornhaut 20° nach innen von der Gesichtslinie	X. Radius der Hornhaut 20° nach aussen von der Gesichtslinie	XI. Winkel (α) zwischen Gesichtslinie und Hornhautaxe	XII. Winkel (γ) zwischen Blicklinie und Hornhautmitte	XIII. Horizontal-Durchschnitt der Hornhaut
$7{\cdot}39_{765}$	$7{\cdot}54_{755}$	$7{\cdot}66_{055}$	$-2^0\,47'\,12''$	$+5^0$	$12{\cdot}17$
$7{\cdot}28_{580}$	$8{\cdot}15_{500}$	$7{\cdot}43_{500}$	$+7^0\,1'\,2''$	$+3^0$	
$8{\cdot}04_{020}$	$8{\cdot}11_{660}$	$8{\cdot}23_{175}$	$-4^0\,23'\,42''$	0^0	$12{\cdot}17$
$8{\cdot}04_{020}$	$8{\cdot}11_{660}$	$8{\cdot}23_{175}$	$-4^0\,23'\,42''$	$-2{\cdot}5^0$	$12{\cdot}46$
$7{\cdot}51_{010}$	$7{\cdot}92_{590}$	$7{\cdot}92_{590}$	0^0	$+2{\cdot}5^0$	$12{\cdot}25$
$7{\cdot}66_{055}$	$7{\cdot}73_{615}$	$7{\cdot}73_{615}$	0^0	0^0	
$7{\cdot}84_{975}$	$8{\cdot}54_{045}$	$8{\cdot}04_{020}$	$+5^0\,39'\,56''$	$+6^0$	$11{\cdot}60$
$7{\cdot}77_{375}$	$8{\cdot}65_{755}$	$8{\cdot}19_{330}$	$+3^0\,20'\,26''$	0^0	
$7{\cdot}24_{840}$	$7{\cdot}54_{755}$	$7{\cdot}48_{075}$	$+1^0\,16'\,20''$	$+4^0$	$12{\cdot}03$
$7{\cdot}13_{695}$	$7{\cdot}54_{755}$	$7{\cdot}39_{765}$	$+2^0\,14'\,24''$	$+4^0$	$11{\cdot}75$
$7{\cdot}48_{075}$	$8{\cdot}15_{500}$	$8{\cdot}15_{500}$	0^0	$-1{\cdot}5^0$	$11{\cdot}89$
$7{\cdot}54_{755}$	$8{\cdot}00_{205}$	$8{\cdot}46_{825}$	$-3^0\,16'\,37''$	0^0	
$8{\cdot}00_{205}$	$8{\cdot}34_{705}$	$8{\cdot}04_{020}$	$+8^0\,4'\,24''$	0^0	$12{\cdot}17$
$7{\cdot}81_{190}$	$8{\cdot}15_{500}$	$8{\cdot}00_{205}$	$+2^0\,54'\,19''$	$+6^0$	
abschluss)					
$7{\cdot}43_{500}$	$7{\cdot}69_{830}$	$7{\cdot}54_{755}$	$+4^0\,4'\,48''$	$+1{\cdot}5^0$	$11{\cdot}19$
$7{\cdot}21_{105}$	$7{\cdot}32_{235}$ bei 15^0	$7{\cdot}51_{010}$ bei 15^0	$-3^0\,25'\,9''$	-3^0	$11{\cdot}32$
$6{\cdot}91_{505}$	$7{\cdot}32_{235}$	$7{\cdot}43_{500}$	$-1^0\,11'\,30''$	0^0	$11{\cdot}05$
$6{\cdot}33_{050}$	$7{\cdot}36_{015}$	$7{\cdot}43_{500}$	$-3^0\,11'\,57''$	-4^0	

von Myopen mit Myopie grösser als ein Viertel und kleiner als ein Zehntel gebracht sind) spricht Donders auf pag. 309 desselben Werkes [1]) von gemessenen **34** Augen, welche in drei Klassen gebracht werden. In diesen werden aber nur die bei den **25** männlichen Individuen gefundenen, soeben angeführten Werthe reproducirt. Sowie schon aus diesen Daten ersichtlich ist, dass r bei M grösser sei als bei E, und mit dem Grade der M wächst, so führt Donders noch insbesondere an: „bei den höchsten Graden von Myopie ist ein grosser

[1]) pag. 368 der englischen Ausgabe.

Hornhautradius Regel". Unter den dabei specialisirten Fällen werden übrigens zum Beweise für die Grösse des Radius bei hoher Myopie zwei Fälle aufgeführt, in deren einem bei $M \frac{1}{2 \cdot 83} r = 7 \cdot 68$, in deren zweitem bei $M \frac{1}{2 \cdot 875} r = 7 \cdot 67$ ist. Diese Radien sind aber gerade keine Paradigmen für grosse Radien, da Donders für Emmetropie im Mittel $r = 7 \cdot 785$, resp. $7 \cdot 719$ M^{m}. fand. Bei unseren Messungen wurde thatsächlich gefunden, dass sowohl bei Myopie als bei Hypermetropie der Radius im Mittel kleiner sei als bei Emmetropie; dass bei hochgradiger Hypermetropie der Radius zunehme; bei hochgradiger Myopie dagegen abnehme. Aus der beschränkten, wenngleich für Ametropie relativ grossen Zahl von Messungen kann man jedoch keinen positiven Schluss ziehen. Dagegen kann man mit Bestimmtheit erklären, dass auch der höchste Grad von Hypermetropie auf die Verkleinerung des Radius keinen Einfluss hat, ebensowenig als es richtig ist, dass bei Myopie im Allgemeinen die Hornhaut flacher ist, und dass höchstgradige Myopie einen grossen Radius im Gefolge hat. In Betreff des Falles 38 mit dem kleinsten Radius ist wohl ein positiver Schluss erlaubt. Wenn man sich vorstellt, dass der Bau des Auges die Krümmung der Hornhaut beeinflussen kann, dabei annimmt, dass das hypermetropische Auge gleichsam von vorn nach hinten zusammengedrückt ist, das myopische hingegen eine Eiform zeige, so dass in beiden Augen vornehmlich im Diameter antero posterior die Anomalie liege, während der äquatoriale Durchmesser von dem des Normalauges wenig abweicht: dann begreift man, dass bei starker Abflachung des Auges von vorn nach hinten auch die Hornhaut flacher, dabei in ihrem Durchmesser grösser werden kann, während bei eiförmiger Ektasie des Bulbus, wenn dieselbe nicht bloss auf den hinteren Abschnitt sich beschränkt, sondern auch die vordere Hälfte ergreift, die Cornea stärker gekrümmt wird und in ihrem Durchmesser abnimmt. Ich will bemerken, dass, wie aus der Zusammenstellung ersichtlich, in der That den hohen Graden von Hypermetropie der grösste Radius und der grösste Hornhautdurchmesser, den höchsten Graden von Myopie der kleinste Radius und der kleinste Hornhautdurchmesser entspricht. So lange aber der Radius und der Durchmesser der Hornhaut keine Werthe zeigt, die nicht auch bei Emmetropie und dem entgegengesetzten Augenbau vorkommen können, müssen wir uns eines positiven Schlusses enthalten. Es ist allerdings möglich, dass die *Augen* mit höchstgradiger Myopie in früherer Zeit einen grösseren

Radius hatten, aber nur im Falle 38 können wir den Einfluss des myopischen Baues auf den Radius der Hornhaut nachweisen. In diesem Falle war aus der Form des vorderen Bulbusabschnittes und aus der stark bläulichen Farbe der Sklerotica daselbst die Ektasirung auch der vorderen Bulbushälfte nachweislich und am linken Auge mit $M\ \frac{1}{2 \cdot 1}$ bei sehr kleinem Hornhautdurchmesser (von 11 M^m) ein so kleiner Radius von 6·33 M^m, wie er bei Emmetropie und Hypermetropie niemals gefunden wurde. Bemerkt muss noch werden, dass die Hornhäute im letztgenannten Falle durchaus nicht die Zeichen auch nur des beginnenden Keratoconus zeigten. Der Keratoconus selbst steht allerdings, wie wir schon erwähnten und später noch anführen werden, gleichfalls in innigem Zusammenhange mit Myopie.

Gehen wir jetzt zu den Winkeln α und γ der myopischen Augen über, so beobachten wir denselben Antagonismus, den wir schon bei Emmetropie und Hypermetropie fanden. Rechts ist $\sphericalangle\ \alpha$ (in den 36 Fällen, in denen beide Augen gemessen wurden) nur 5mal grösser als $\sphericalangle\ \gamma$; 7mal gleich oder nahezu gleich und 24mal kleiner als $\sphericalangle\ \gamma$. Zu den Augen mit grösserem α gehört auch der abnorme Fall 10, in welchem rechts $\alpha > 10^0$. Links ist $\sphericalangle\ \alpha$ nur 9mal kleiner als $\sphericalangle\ \gamma$, 9mal gleich oder nahezu gleich und 18mal grösser als $\sphericalangle\ \gamma$. Rechter Winkel α ist 14mal grösser, 6mal gleich, und 16mal kleiner als linker Winkel α. Winkel γ der rechten Seite ist nur 5mal dem der linken Seite gleich, nur 3mal (Fall 5 um $^1/_2{}^0$, Fall 34 um $1^1/_2{}^0$, Fall 35 um 6^0) kleiner und 28mal grösser als der linke Winkel γ. Bemerkenswerth ist, dass in dem abnormen Falle 35, in welchem linker $\sphericalangle\ \gamma$ abnorm gross ist: 6^0, während rechts $\gamma = 0$, Winkel α dafür rechts abnorm gross ist: 8^0 gegen 3^0 links. Die grössten Differenzen zwischen α und γ desselben Auges zeigt Fall 27 mit 10^0, indem α am linken Auge $+ 5^0$, γ hingegen $- 5^0$; Fall 9, in dessen rechtem Auge $\alpha = - 5^0$, $\gamma = + 4^0$, mit 9^0; Fall 13 ($8 \cdot 5^0$) mit $\alpha = - 4 \cdot 5^0$, $\gamma = + 4^0$ und Fall 35, in dessen rechtem Auge $\alpha = 8^0$, $\gamma = 0^0$, mit 8^0. Die grösste Differenz zwischen rechtem und linken α ist $9^3/_4{}^0$ im Falle 29 mit rechtem $\alpha = - 2^0\ 47'$ und linkem $\alpha = + 7^0$. Die grösste Differenz zwischen rechtem und linken Winkel γ beträgt 8^0 im Falle 27, in welchem γ rechts $= + 3^0$, links $= - 5^0$. Dass bei einem Individuum selbst nur beide α unter einander und beide γ unter einander gleich, α und γ aber selbst verschieden sind, kommt nur 2mal vor. Im Falle 8 sind beide $\alpha + 6^0$, beide $\gamma + 3^0$; im Falle 20 rechter und linker $\sphericalangle\ \alpha = 0^0$, rechter und linker Winkel $\gamma = + 4^0$. Nur

2mal ist rechts $\alpha = \gamma$ und links $\alpha = \gamma$, die Werthe rechterseits und linkerseits dabei verschieden: im Falle 7, in welchem rechts $\alpha = \gamma = 10^0$, links α (4^0 43′) $= \gamma$ (4^0); und im Falle 18: rechts α ($4^1/_2{}^0$) $= \gamma$ (5^0); links $\alpha = \gamma = 1^0$. In keinem einzigen Falle sind beide α und beide γ und α und γ unter einander an beiden Augen gleich.

Gehen wir zu absoluten und Mittelwerthen von $\sphericalangle \alpha$ und $\sphericalangle \gamma$ über. Der grösste $\sphericalangle \alpha$ ist gleich $+ 11^1/_2{}^0$ ($M^1/_{10}$ r. Fall 10), aber ausser diesem exceptionellen Falle kommt noch ein α von $+ 10^0$ 2 mal $\left(\text{Nr. 7 r. } M^1/_{11}, \text{ Nr. 22 r. } M\ \frac{1}{6\cdot5}\right)$ vor. Der kleinste Winkel α ist $- 5^0$ $\left(\text{Nr. 9 r. } M^1/_{11}, \text{ Nr. 19 r. } M\ \frac{1}{6\cdot5}\right)$. Der grösste Winkel γ ist $+ 10^0$ $\left(\text{Nr. 7 r. } M^1/_{11}, \text{ Nr. 22 r. } M\ \frac{1}{6\cdot5}\right)$, also in denselben zwei Augen, in welchen auch $\alpha = + 10^0$. Der kleinste Winkel γ ist $- 5^0$ $\left(\text{Nr. 27 r. } M\ \frac{1}{4\cdot75}\right)$. In 10 Augen (mit $M^1/_{12}$ bis $M^1/_3$) ist Winkel α Null, d. h. in 10 Augen fällt die Gesichtslinie mit der Hornhautaxe (der Axe des horizontalen, die Gesichtslinie enthaltenden Ellipsendurchschnittes) zusammen und 1 mal $\left(\text{Fall 23 r. } M\ \frac{1}{5\cdot5}\right)$ ist ausserdem $\sphericalangle \alpha$ Null, weil der Hornhautdurchschnitt kreisförmig ist. Winkel γ ist 12mal Null, d. h. 12mal $\left(M^1/_{10} \text{ bis } M\ \frac{1}{2\cdot5}\right)$ geht die Gesichtslinie durch die Mitte des horizontalen Cornealdurchschnittes, aber nur 1mal (Fall 31 l. $M^1/_4$) sind α und γ gleichzeitig Null, d. h. fallen Gesichtslinie, Hornhautaxe und Hornhautmitte (die beiden letzten Ausdrücke in dem oft erläuterten Sinne zu nehmen) zusammen. 16mal hat α, aber nur 5 mal hat γ einen negativen Werth — ein bemerkenswerthes Factum; ebenso bemerkenswerth ist, dass einigemal α und γ gleichen oder fast gleichen numerischen Werth, aber ein entgegengesetztes Zeichen haben (Fall 3 r. $M^1/_{16}$: $\alpha - 3^0$, $\gamma + 3^0$; Fall 9 r. $M^1/_{11}$: $\alpha - 5^0$, $\gamma + 4^0$; Fall 11 r. $M^1/_{10}$: $\alpha - 3^0$, $\gamma + 3^0$, Fall 13 l. $M^1/_8$: $\alpha - 4^0$, $\gamma + 4^0$; Fall 27 l. $M\ \frac{1}{4\cdot5}$ $\alpha + 5^0$, $\gamma - 5^0$).

Als (durchaus positive) Mittelwerthe ergeben sich:

M bis $M^1/_8$ (Fall 1 — 16) R. $\gamma = 4\cdot53^0$ $\alpha = 2\cdot62^0$
L. $\gamma = 2\cdot53^0$ $\alpha = 2\cdot9^0$

$M^1/_8$ bis $M^1/_4$ (Fall 17 — 28) R. $\gamma = 4{\cdot}75^0$ $\alpha = 1{\cdot}16^0$
L. $\gamma = 1{\cdot}13^0$ $\alpha = 2{\cdot}96^0$

$M^1/_4$ bis $\frac{1}{2{\cdot}1}$ (Fall 29 — 38) R. $\gamma = 2^0$ $\alpha = 0{\cdot}81^0$

$\gamma = 0{\cdot}4^0$ $\alpha = 0{\cdot}53^0$

Wir ersehen daraus den Gegensatz, dass γ rechts, α links grösser ist, ausserdem ist, in der 1. und 2. Serie, auch rechter ∢ γ absolut grösser als linker, und linker ∢ α absolut grösser als der rechte.

Die totalen Mittelwerthe sind:

R. $\gamma = 4{\cdot}04^0$ $\alpha = 1{\cdot}73^0$
L. $\gamma = 1{\cdot}53^0$ $\alpha = 2{\cdot}30^0$

Gesammtmittelwerthe ohne Rücksicht auf rechtes und linkes Auge für Myopie:

$\gamma = 2{\cdot}75^0$ $\alpha = 2{\cdot}02^0$

Für Hypermetropie erhielten wir:

$\gamma = 6{\cdot}53^0$ $\alpha = 6{\cdot}62^0$

Für Emmetropie:

$\gamma = 4{\cdot}91^0$ $\alpha = 5{\cdot}58^0$

Donders, welcher α und γ für identisch hielt, fand im Mittel:

für Emmetropie $\alpha = 5{\cdot}082^0$
„ Hypermetropie $\alpha = 7{\cdot}55^0$
„ Myopie $\alpha = 2^0$ (etwas kleiner)

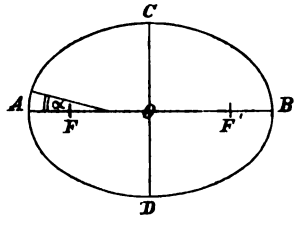
Da Donders nicht blos $\alpha = \gamma$, sondern auch den Winkel an beiden Augen gleich annahm, so begreift man, wie ungemein complicirt einer solchen Auffassung gegenüber die thatsächlichen Verhältnisse der beiden Winkel sich gestalten.

Stellen wir noch die gefundenen Maximal- und Minimalwerthe für α und γ im Horizont, sowie für den Horizontaldurchmesser der Hornhaut zusammen, so beträgt der grösste Winkel α zwischen + 11 und 12°, und zwar findet sich dies einmal bei Emmetropie (Tab. VII. 6. r), einmal bei Myopie $^1/_{10}$ (Tab. IX. 10. r) und einmal auch auf der Tabelle (VIII) der Hypermetropen bei dem hypermetropischen und astigmatischen rechten Auge des Falles 25. Die kleinsten Werthe zeigt α mit — 5° bei $M^1/_{20}$ (Tab. X. 9. r) und bei $M^1/_6$ (Tab. IX. 19. r), den allerkleinsten mit — 10° in dem ganz abnormen Falle hochgradiger Hypermetropie (Tab. VIII. 17. r.). Winkel γ sah ich + 10° nie überschreiten. Den Werth von + 10° zeigt er 3mal bei Hypermetropie (Tab. VIII, 10, 11, 21) und 2mal bei Myopie (Tab. IX., 7, 22).

Der kleinste $\sphericalangle \gamma$ beträgt — 5° 1mal bei $M^1/_4$ (Tab. IX, 27, l). Der grösste Horizontaldurchmesser der Hornhaut wurde mit 12·76 M.- bei $M \frac{1}{5 \cdot 5}$ (Tab. IX. 23), der kleinste mit 11 M.- bei Emmetropie (Tab. VII. l.), bei Hypermetropie (Tab. VIII. 25) und bei Myopie (Tab. IX, 13, 38) gefunden. Die früheren Autoren fanden als grössten Winkel α (im Horizont) einen solchen von + 10° 55′ (Knapp); kleiner als — 3° wurde er nicht gefunden (Woinow). Als grösster Winkel γ erscheint ein solcher von + 10° 3′ (Donders), als kleinster ein Winkel von — 1·5° (Donders). Kein früherer Untersucher fand $\sphericalangle \alpha$ oder $\sphericalangle \gamma$ gleich Null. Es kommt beides, wie wir sahen, bei Myopie relativ häufig vor. Vom Horizontaldurchmesser der Hornhaut sagt Woinow: „Er gleicht gewöhnlich 10·5 — 13·5 M.-." Inwieferne das Verhalten der Winkel α und γ mit dem Baue des Auges in Zusammenhang gebracht werden kann, werden wir zum Schlusse der Vorlesung besprechen.

Mit der Berechnung des Winkels α aus 3 Radien des die Gesichtslinie enthaltenden Hornhautdurchschnittes ist begreiflicher Weise unsere Kenntniss über den Bau der betreffenden Ellipse noch wenig erschöpft. Dass wir daraus auf den Bau der Hornhaut in toto überhaupt keinen Schluss ziehen können, ist klar. Wollen wir aus den 3 Radien und dem Winkel α die Elemente der Ellipse berechnen, so erstreckt sich da unsere Wissbegierde auf die Kenntniss der halben grossen Axe (Fig. 68) $AO = a$, der halben kleinen Axe $CO = b$, der linearen Excentricität (d. h. des Abstandes eines Brennpunktes vom Centrum der Ellipse) $FO = e$ und endlich des Radius ϱ im Scheitel A der Ellipse. Um all' die schönen Dinge zu berechnen, braucht man zuerst das Quadrat der numerischen Excentricität.

Fig. 68.



Die letztere, ε, ist gleich der linearen Excentricität dividirt durch die halbe grosse Axe, also $\varepsilon = \frac{FO}{AO} = \frac{e}{a}$. Hat man den Winkel α nach der Formel berechnet:

$$tang.\ (2\,\alpha) = tg.\ \varphi\ \frac{(rr_1)^{1/2} - (rr_2)^{1/2}}{2\,(r_1\,r_2)^{1/2} - [(rr_1)^{1/2} + (rr_2)^{1/2}]}\quad \text{I}$$

so findet man, indem man auch ferner die von Helmholtz verwendeten Formeln, für die Rechnung zugerichtet, in Anspruch nimmt, zunächst:

$$\varepsilon^2 = \frac{r_1^{2/3} - r^{2/3}}{r_1^{2/3} \sin^2(\alpha + \varphi) - r^{2/3} \sin^2 \alpha} \quad \text{II}$$

In dem seltenen Falle, in welchem $\alpha > \varphi$, ist zur Bestimmung von ε^2 auch folgende Formel praktisch gut brauchbar:

$$\varepsilon^2 = \frac{r^{2/3} - r_2^{2/3}}{r^{2/3} \sin^2 \alpha - r_2^{2/3} \sin^2(\alpha - \varphi)} \quad \text{II}\,a$$

Hat man ε^2, dann bestimmt man die halbe grosse Axe:

$$a = \frac{r\,(1 - \varepsilon^2 \sin^2 \alpha)^{3/2}}{1 - \varepsilon^2} \quad \text{III}$$

und aus dieser die halbe kleine Axe:

$$b = a\,(1 - \varepsilon^2)^{1/2} \quad \text{IV}$$

Für den Krümmungsradius im Scheitel der Ellipse ergibt sich:

$$\varrho = a\,(1 - \varepsilon^2) \quad \text{V}$$

Endlich ist aus der Definition der numerischen Excentricität klar, dass die lineare Excentricität gegeben ist durch die Gleichung:

$$e = a\varepsilon \quad \text{VI}$$

Für den speciellen Fall, als $\alpha = 0$ ist, also $\varrho = r$ wird, erhält man:

$$\varepsilon^2 = \frac{r_1^{2/3} - r^{2/3}}{r_1^{2/3} \sin^2 \varphi} \quad \text{II}\,b$$

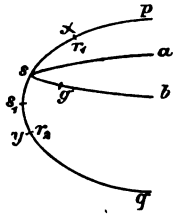
$$a = \frac{r}{1 - \varepsilon^2} \quad \text{III}a$$

Die Werthe von b und e bleiben in diesem Falle durch die früheren Formeln (IV und VI) ausgedrückt.

Haben wir auf diese Weise Werthe für den die Gesichtslinie enthaltenden Horizontaldurchschnitt der Hornhaut gewonnen, dann kann uns die Frage nach der Gestalt der ganzen Hornhaut interessiren. Es fragt sich zunächst, ob der Scheitel s des genannten Horizontaldurchschnittes auch der Scheitel der Hornhaut sei. Lassen wir nach Bestimmung des Winkels α den Scheitel der Horizontalellipse spiegeln, indem wir z. B. bei einem Werthe von $\alpha = +\,5^0$ ein Visirzeichen vom Nullpunkt um 5^0 gegen die Nasenseite des Auges hinschieben, drehen wir den Spiegelapparat und den die Platten des Ophthalmometers enthaltenden Kasten um 90^0, so dass einerseits die Spiegel 1, 2, 3 des Spiegelapparates, anderseits die Trennungsfläche der Ophthalmometerplatten vertical stehen und messen wir jetzt die Krümmung des durch s gehenden verticalen Hornhautmeridians, so muss sich, damit s der Scheitel der Hornhaut sein könne, ergeben, dass es im diesem verticalen Meridiane keine stärker gekrümmte Stelle als die in s gebe. Um dies zu erforschen, bestimmen wir für diesen durch

den Scheitel der Horizontalellipse gehenden verticalen Meridian 3 Radien und berechnen den Winkel α. In Figur 69 sei $a\,s\,b$ die gemessene den Horizontaldurchschnitt der Hornhaut enthaltende Ellipse, bei g gehe die Gesichtslinie durch, s ist der berechnete Scheitelpunkt, $s\,g$ also der Bogen des $\sphericalangle\,\alpha$. Um über den Bau der Hornhaut unmittelbar etwas zu erforschen, taugt begreiflicher Weise die Messung des durch g, des durch die Gesichtslinie gehenden verticalen Meridians nicht. Man messe vielmehr den verticalen Meridian $p\,s\,q$. Ist die Hornhaut ein Rotationsellipsoid, d. h. kann sie durch Umdrehung einer Ellipse um ihre grosse Axe entstanden gedacht werden, dann liegt wenn nicht in s selbst, so doch in jedem Falle in dem verticalen Meridian, in welchem s liegt, der Scheitel des Ellipsoids. Ist die Hornhaut ein 3axiges Ellipsoid, dessen Meridiane also durch Ellipsen dargestellt werden, welchen in unserem Falle eine gemeinschaftliche grosse Axe zukommt, während die kleine Axe von einem grössten bis zu einem 90° davon abstehenden kleinsten Werthe variirt, liegt der Eine Hauptschnitt der Ellipse, z. B. jener welcher neben der grossen Axe die grösste kleine Axe enthält, horizontal, so dass der 2. Hauptschnitt, der durch die grosse Axe und die kleinste kleine Axe geht, vertical steht, dann liegt auch der Scheitel des Ellipsoids, wenn nicht in s, so doch in dem verticalen Meridiane, der s enthält. Wäre die Hornhaut ein 3axiges Ellipsoid von solcher Beschaffenheit, dass $a\,s\,b$ nicht nur keinen Hauptschnitt repräsentirt, sondern auch mit keinem Hauptschnitt parallel ist, bilden also die beiden Hauptschnitte des Ellipsoids Winkel mit dem Horizonte und der Verticalen, dann liegt in dem durch s gehenden verticalen Meridian nicht der Scheitel des Ellipsoids. Um denselben in diesem letzteren Falle zu bestimmen, müsste man den durch die Gesichtslinie gehenden Meridian der schwächsten Krümmung aufsuchen und messen. Dann wäre in dem durch den Scheitel des letzgenannten Meridians durchgehenden und mit ihm einen Winkel von 90° bildenden Schnitte der Scheitel des Ellipsoids zu suchen und zu finden. Ist die Hornhaut überhaupt kein Ellipsoid in des Wortes gebräuchlicher Bedeutung, sind die Meridiane der Hornhaut zwar elliptische Schnitte, aber ohne dass ihnen auch nur Eine Axe gemeinsam wäre, kommt jedem derselben vielmehr eine besondere kleine und grosse Axe zu, dann dürfte es mit der Bestimmung des Scheitels eines solchen Körpers seine kleinen Schwierigkeiten haben, doch gelingt Eines leicht *nachzuweisen*, ob nämlich s der Scheitelpunkt sein kann oder nicht.

Fig. 69.

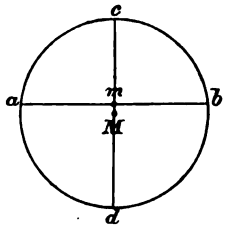


DieMessung wird folgendermassen vorgenommen. Nach Berechnung des Winkels α für den Horizontaldurchschnitt wird die Vorrichtung B (Tafel III) am Gradbogen so eingestellt, dass zunächst die in der Höhe des Auges stehende Kugel, (jedoch nicht die, welche gerade am vorderen Ende der Stange M, sondern jene, die seitlich und mit der oberen und untereu Kugel des verticalen Gradbogens in einer Verticalen sich befindet) als Visir dient, so zwar dass der Scheitel des Horizontaldurchschnittes spiegelt. Es ist begreiflich, dass es auf die Secunden und auch auf ein paar Minuten des Winkels α nicht ankommt. Man stellt, wenn z. B. $\alpha = 5^0\,39'\,23''$ das Visir auf etwa $5^1/_2{}^0$, wenn $\alpha = 6^0\,26'\,35''$ auf etwas weniger als $6^1/_2{}^0$ u. s. w. Man misst nun mit Hilfe der vertical gestellten Spiegel und Platten, den Radius r an der Stelle s des verticalen Meridians psq, hierauf lässt man das Auge um 20^0 nach unten, dann um 20^0 nach oben nach der an dem verticalen Gradbogen entsprechend angebrachten Kugel blicken und misst so einen Radius r_1 an einer Stelle x, die um 20^0 nach oben und einen Radius r_2 an einem Punkte y, der um 20^0 nach unten von s im verticalen Meridian psq gelegen ist. Ich weiss sehr wohl, dass wenn α nicht $= 0$, wenn die Blicklinie also aus der Fixation der seitlich gelegenen Horizontalkugel sich nach unten und nach oben bewegt, hierbei, weil das Auge aus einer Secundärstellung in eine andere Secundärstellung übergeht, eine kleine Rollung des Auges um die Blicklinie stattfindet, so dass die gemessenen Punkte x und y theoretisch nicht im verticalen Meridiane psq gelegen sind. Aber bedenkt man einerseits, dass die Lage der Blicklinie, aus welcher heraus das Auge sich hebt und senkt, wegen des geringen Werthes von α nur wenig von der Primärstellung abweicht, daher die Rollung des Auges eine minimale ist, bedenkt man noch vielmehr, um welche relativ groben Resultate es sich bei der ophthalmometrischen Messung handelt, so wird wohl Niemand Lust verspüren, diesem Verfahren einen irgend wie nachweisbaren Fehler vorwerfen zu wollen. Ergäbe nun die Messung im Meridiane psq, dass $r_1 = r_2$, dann könnte s der Scheitel der Hornhaut sein; sind aber r_1 und r_2, wie ich dies immer gefunden, ungleich, dann kann s nicht der Cornealscheitel sein, weil es im verticalen Meridiane psq eine stärker gekrümmte Stelle als jene in s gibt. Mit Hilfe der Ellipsenformel bestimmt man $\sphericalangle\,\alpha$ im Meridiane psq, d. h. den Winkel, den r mit der grossen Axe der Verticalellipse bildet, man bestimmt den Radius ϱ im Scheitel s_1 der Ellipse nebst ihren übrigen Elementen. Es ist klar, dass nach jener Richtung, nach welcher der grösste Radius sich findet, der Scheitel s

der Horizontalellipse von s_1 abweicht. Findet sich also der grösste Radius oben, dann liegt s nach oben von s_1, findet er sich unten, dann liegt s nach unten von s_1. Im ersteren Falle, wie ihn Fig. 69 darstellt, bezeichnen wir α als positiv, im letzteren als negativ. So schwer es ist, aus der beschriebenen Messungsmethode einen unzweifelhaften positiven Schluss auf die Lage des Hornhautscheitels zu ziehen, so leicht ist es andererseits die Lage der Hornhautmitte zu eruiren.

Haben wir in der Horizontalellipse den Winkel γ, damit die Lage der Mitte des betreffenden Hornhautschnittes ermittelt, so muss, wenn diese Stelle zugleich die Mitte der ganzen Hornhaut ist, sich Folgendes ergeben. Lasse ich am horizontalen Gradbogen das um den Werth des Winkels γ vom Nullpunkte abstehende Visir (die mittlere Kugel der Vorrichtung *B*) fixiren, so dass das vom Spiegel 4 zurückgeworfene Flammenbild sich in der Mitte m (Fig. 70) des die Gesichtslinie enthaltenden horizontalen Hornhautdurchschnittes $a\,b$ spiegelt, und verdopple ich mit Hilfe der entsprechend gestellten Ophthalmometerplatten die Hornhaut in verticaler Richtung, so muss das Experiment mit der Einstellung der Spiegelbilder auf die entgegengesetzten Ränder der Hornhaut gelingen, wenn m nicht blos die Mitte von ab, sondern auch von cd, daher der ganzen Hornhaut ist. Gelingt es nicht, dann wird längs des verticalen Gradbogens die nun mehr als Fixationsobject anzuweisende obere oder untere Kugel so lange verschoben, bis das Postulat erfüllt ist. Muss dabei z. B. die obere Kugel um 6° über Null gestellt werden, so liegt m 6° über der Hornhautmitte *M*. In diesem Falle wird $\sphericalangle\,\gamma$ (im verticalen Meridian), analog wie $\sphericalangle\,\alpha$ als positiv bezeichnet. Ist $\sphericalangle\,\alpha$ oder $\sphericalangle\,\gamma$ im Horizont gleich Null, dann wird begreiflicher Weise die erste Messung im verticalen Meridian vollführt, während das Auge in die Oeffnung des Ophthalmometers blickt. Damit dann das Auge auf ein höher oder tiefer stehendes Object blicken könne, ist die obere und untere Kugel am verticalen Meridiane (Vorrichtung *B*) seitlich angebracht, so dass, wenn der verticale Gradbogen $1^3/_4{}^0$ von Null absteht, wobei er dem Beobachter die Aussicht nicht mehr verlegt, die obere und untere Kugel gerade über, unter Null stehen. Die mit diesen Kugeln in gleichem Meridiane in der Höhe des Auges gelegene seitliche, an einer Nadel befestigte Wachskugel muss, wenn $\sphericalangle\,\alpha$ oder γ = *Null*, natürlicher Weise entfernt werden.

Fig. 70.



Die Tabellen X, XI und XII enthalten Messungen der beiden Augen von je 3 Individuen mit *E*, *H* und *M*. Die Ueberschriften der einzelnen Columnen sind leicht verständlich. ε^2, a, b, e sind die Werthe der Ellipse, deren Gleichungen früher erörtert wurden: Quadrat der numerischen Excentricität, halbe grosse Axe, halbe kleine Axe, lineare Excentricität. „ϱ im horizontalen Meridian" ist der Radius in s, „ϱ im verticalen Meridian" der Radius im s_1, r bedeutet für den horizontalen Meridian den Radius in der Gesichtslinie, für den verticalen jedoch den Radius im Scheitel der Horizontalellipse. r_1 ist für den Horizont der Radius, der 20^0 nach innen von der Gesichtslinie; in der Verticalen der Radius, der 20^0 nach oben von s gelegen ist. r_2 ist für den Horizont der Radius 20^0 nach aussen von der Gesichtslinie, für die Verticale der Radius 20^0 nach unten von s. Es geht daraus hervor, dass φ für den Horizont und für den verticalen Meridian $= 20^0$ genommen wurde. Nur im Falle 2 der Tabelle X ist für den verticalen Meridian $\varphi = 15^0$. Man vergesse übrigens nicht, dass um die Bestimmungen von α und γ im verticalen Meridiane ausführen zu können, ein hinlängliches Klaffen der Lidspalte nothwendig ist, ein Postulat, das durchaus nicht von allen Individuen erfüllt wird.

Aus den Tabellen wird ersichtlich, dass $\sphericalangle\ \alpha$ im verticalen Meridian in keinem Auge gleich Null ist. Dieser Umstand fordert uns zur Vorsicht bei der Beurtheilung des Baues der Hornhaut auf. Geht der die Gesichtslinie enthaltende Horizontalschnitt nicht durch den Scheitel der Hornhaut, dann kann die Hornhaut ein vollkommenes Rotationsellipsoid darstellen, und doch ist ϱ in s und s_1, sind die grossen und kleinen Axen der beiden Schnitte verschieden. Denn der verticale Durchschnitt geht durch 2 Hauptaxen des Ellipsoids, der horizontale hingegen ist ein dem horizontalen Hauptschnitt paralleler, seine grosse und kleine Axe kann mit der grossen und kleinen Axe des Rotationsellipsoids nicht übereinstimmen. Geringe Differenzen in den Elementen der Ellipse also, wenn sie der Abweichung des Horizontalnebenschnittes vom Horizontalhauptschnitt nach der Grösse des Winkels α entsprechen, bedeuten nicht, dass die Hornhaut ein nach keinem regulären Gesetze gekrümmtes Ellipsoid sei.

Gehen wir in die Resultate genauer ein, so sehen wir, dass der Scheitel des Verticalschnittes, der durch den Scheitel des die Gesichtslinie enthaltenden Horizontaldurchschnittes der Hornhaut geht, und den wir als Scheitel der Hornhaut ansehen wollen, wenngleich der stricte Beweis für diese Annahme nicht erbracht ist, bald unter (wenn $\alpha +$), bald über s (wenn $\alpha -$) gelegen ist. Die Winkel α erreichen viel

Tabelle X.

I. Nr. der Tab. VII.	II. Auge	III. Refraction	IV. Meridian	V. ϱ im horizontalen Meridian	VI. r	VII. r_1	VIII. r_2
5	R.	E	Horizontal	$7{\cdot}53_{552}$	$7{\cdot}54_{755}$	$7{\cdot}92_{590}$	$7{\cdot}7_{6\,15}$
			Vertical		$7{\cdot}48_{075}$	$7{\cdot}66_{055}$	$7{\cdot}43_{500}$
	L.	E	Horizontal	$7{\cdot}57_{118}$	$7{\cdot}58_{520}$	$7{\cdot}84_{975}$	$7{\cdot}66_{055}$
			Vertical		$7{\cdot}48_{075}$	$7{\cdot}66_{055}$	$7{\cdot}43_{500}$
9	R.	E	Horizontal	$7{\cdot}60_{183}$	$7{\cdot}69_{880}$	$9{\cdot}40_{800}$	$8{\cdot}04_{020}$
			Vertical		$7{\cdot}66_{055}$	$\varphi=15^0$ $8{\cdot}07_{835}$	$\varphi=15^0$ $7{\cdot}48_{075}$
	L.	E	Horizontal		$7{\cdot}73_{615}$	$10{\cdot}17_{455}$	$8{\cdot}04_{020}$
			Vertical		keine Berechnung, resp. Messung		
14	R.	E	Horizontal	$7{\cdot}73_{899}$	$7{\cdot}77_{875}$	$8{\cdot}85_{820}$	$8{\cdot}19_{880}$
			Vertical		$7{\cdot}81_{190}$	$7{\cdot}96_{390}$	$8{\cdot}61_{980}$
	L.	E	Horizontal	$7{\cdot}83_{454}$	$7{\cdot}96_{390}$	$9{\cdot}28_{820}$	$8{\cdot}04_{020}$
			Vertical		$7{\cdot}81_{190}$	$7{\cdot}96_{390}$	$8{\cdot}61_{980}$

Tabelle XI.

I. Nr. der Tab. VIII.	II. Auge	III. Refraction	IV. Meridian	V. ϱ im horizontalen Meridian	VI. r	VII. r_1	VIII. r_2
3	R.	$H^1/_{12}$	Horizontal	$7{\cdot}16_{865}$	$7{\cdot}21_{105}$	$7{\cdot}77_{875}$	$7{\cdot}18_{560}$
			Vertical		$7{\cdot}17_{400}$	$7{\cdot}02_{570}$	$7{\cdot}36_{015}$
	L.	$H^1/_{12}$	Horizontal	$7{\cdot}09_{546}$	$7{\cdot}32_{285}$	$8{\cdot}00_{205}$	$7{\cdot}39_{765}$
			Vertical		$7{\cdot}17_{400}$	$7{\cdot}02_{570}$	$7{\cdot}36_{025}$
18	R.	$H^1/_{5\cdot33}$	Horizontal	$7{\cdot}84_{318}$	$7{\cdot}92_{580}$	$8{\cdot}57_{970}$	$7{\cdot}92_{540}$
			Vertical		$7{\cdot}54_{755}$	$8{\cdot}23_{175}$	$7{\cdot}66_{055}$
	L.	$H^1/_6$	Horizontal	$7{\cdot}84_{313}$	$7{\cdot}92_{580}$	$8{\cdot}57_{970}$	$7{\cdot}92_{540}$
			Vertical		$7{\cdot}54_{755}$	$8{\cdot}46_{325}$	$7{\cdot}73_{615}$
21	R.	$H^1/_6$	Horizontal	$7{\cdot}56_{921}$	$7{\cdot}66_{055}$	$8{\cdot}38_{595}$	$7{\cdot}66_{055}$
			Vertical		$7{\cdot}43_{500}$	$8{\cdot}38_{595}$	$8{\cdot}07_{835}$
	L.	$H^1/_4$	Horizontal	$7{\cdot}68_{052}$	$7{\cdot}73_{615}$	$8{\cdot}46_{325}$	$7{\cdot}84_{975}$
			Vertical		$7{\cdot}62_{235}$	$7{\cdot}88_{775}$	$8{\cdot}04_{020}$

Emmetropie.

IX. ϱ im verticalen Meridian	X. ε^2	XI. a	XII. b	XIII. e	XIV. $\sphericalangle\ \alpha$	XV. $\sphericalangle\ \gamma$
	$0{\cdot}20_{312}$	$9{\cdot}45_{633}$	$8{\cdot}44_{146}$	$4{\cdot}26_{190}$	$+\ 4^0\ 8'\ 52''$	$+\ 5^0$
$7{\cdot}43_{176}$	$0{\cdot}05_{818}$	$7{\cdot}89_{085}$	$7{\cdot}65_{786}$	$1{\cdot}90_{332}$	$+\ 15^0\ 54'\ 31''$	$+\ 6^0$
	$0{\cdot}12_{697}$	$8{\cdot}67_{227}$	$8{\cdot}10_{304}$	$3{\cdot}09_{014}$	$+\ 5^0\ 39'\ 23''$	$+\ 4^0$
$7{\cdot}43_{176}$	$0{\cdot}05_{818}$	$7{\cdot}89_{085}$	$7{\cdot}65_{786}$	$1{\cdot}90_{332}$	$+\ 15^0\ 54'\ 31''$	$+\ 7^0$
	$0{\cdot}66_{426}$	$22{\cdot}9_{133}$	$13{\cdot}1_{974}$	$18{\cdot}7_{309}$	$+\ 6^0\ 26'\ 35''$	$+\ 6^0$
$7{\cdot}47_{579}$	$0{\cdot}17_{051}$	$9{\cdot}01_{250}$	$8{\cdot}20_{427}$	$3{\cdot}72_{151}$	$+\ 17^0\ 55'\ 15''$	$+\ 6^0$
	keine Ellipse				$(+\ 7^0\ 30'\ 8'')$	$+\ 4^0$
						$+\ 7^0$
	$0{\cdot}61_{264}$	$19{\cdot}9_{656}$	$12{\cdot}4_{264}$	$15{\cdot}6_{276}$	$+\ 4^0\ 16'\ 50''$	$+\ 6^0$
$7{\cdot}76_{335}$	$0{\cdot}34_{245}$	$11{\cdot}8_{065}$	$9{\cdot}57_{342}$	$6{\cdot}90_{908}$	$-\ 6^0\ 18'\ 52''$	$+\ 2^0$
	$0{\cdot}46_{065}$	$14{\cdot}5_{259}$	$10{\cdot}6_{676}$	$9{\cdot}85_{497}$	$+\ 8^0\ 51'\ 45''$	$+\ 3^0$
$7{\cdot}76_{335}$	$0{\cdot}34_{245}$	$11{\cdot}8_{065}$	$9{\cdot}57_{342}$	$6{\cdot}90_{908}$	$-\ 6^0\ 18'\ 52''$	$+\ 6^0$

Hypermetropie.

IX. ϱ im verticalen Meridian	X. ε^2	XI. a	XII. b	XIII. e	XIV. $\sphericalangle\ \alpha$	XV. $\sphericalangle\ \gamma$
	$0{\cdot}24_{577}$	$9{\cdot}49_{801}$	$8{\cdot}24_{865}$	$4{\cdot}70_{366}$	$7^0\ 40'\ 31''$	$+\ 7^0$
$6{\cdot}95_{376}$	$0{\cdot}04_{881}$	$7{\cdot}31_{058}$	$7{\cdot}12_{994}$	$0{\cdot}16_{151}$	$-\ 37^0\ 46'\ 31''$	$+7{\cdot}5^0$
	$0{\cdot}28_{382}$	$9{\cdot}90_{737}$	$8{\cdot}38_{435}$	$5{\cdot}27_{812}$	$8^0\ 0'\ 56''$	$+\ 5^0$
$6{\cdot}95_{376}$	$0{\cdot}04_{881}$	$7{\cdot}31_{058}$	$7{\cdot}12_{994}$	$0{\cdot}16_{151}$	$-\ 37^0\ 46'\ 31''$	$+\ 6^0$
	$0{\cdot}23_{101}$	$10{\cdot}1_{993}$	$8{\cdot}94_{395}$	$4{\cdot}90_{215}$	$+\ 10^0$	$+9{\cdot}5^0$
$7{\cdot}49_{791}$	$0{\cdot}28_{894}$	$10{\cdot}5_{458}$	$8{\cdot}89_{199}$	$5{\cdot}66_{382}$	$+\ 7^0\ 9'\ 43''$	$+\ 8^0$
	$0{\cdot}23_{101}$	$10{\cdot}1_{993}$	$8{\cdot}94_{395}$	$4{\cdot}90_{215}$	$+\ 10^0$	$+\ 5^0$
$7{\cdot}49_{029}$	$0{\cdot}39_{242}$	$9{\cdot}60_{937}$	$7{\cdot}49_{029}$	$7{\cdot}72_{262}$	$+\ 6^0\ 31'\ 23''$	$+\ 8^0$
	$0{\cdot}26_{413}$	$10{\cdot}2_{861}$	$8{\cdot}82_{370}$	$5{\cdot}28_{641}$	$+\ 10^0$	$+\ 10^0$
$7{\cdot}42_{849}$	$0{\cdot}56_{0476}$	$16{\cdot}9_{012}$	$11{\cdot}2_{049}$	$12{\cdot}6_{531}$	$+\ 1^0\ 51'\ 5''$	$+\ 8^0$
	$0{\cdot}29_{799}$	$10{\cdot}9_{407}$	$9{\cdot}16_{842}$	$5{\cdot}97_{235}$	$+\ 7^0\ 17'\ 29''$	$+\ 5^0$
$7{\cdot}61_{953}$	$0{\cdot}24_{612}$	$10{\cdot}1_{058}$	$8{\cdot}77_{445}$	$5{\cdot}01_{351}$	$-\ 2^0\ 15'\ 59''$	$+\ 8^0$

Tabelle XII.

I. Nr. der Tab. IX	II. Auge	III. Refraction	IV. Meridian	V. ϱ im horizontalen Meridian	VI. r	VII. r_1	VIII. r_2
4	R.	$M^1/_{14}$	Horizontal	$7{\cdot}60_{796}$	$7{\cdot}62_{295}$	$7{\cdot}96_{390}$	$7{\cdot}73_{615}$
			Vertical		$7{\cdot}28_{560}$	$7{\cdot}58_{520}$	$7{\cdot}51_{010}$
	L.	$M^1/_{14}$	Horizontal	$7{\cdot}61_{039}$	$7{\cdot}62_{295}$	$8{\cdot}11_{660}$	$7{\cdot}84_{075}$
			Vertical		$7{\cdot}43_{500}$	$7{\cdot}73_{615}$	$7{\cdot}66_{055}$
20	R.	$M^1/_{6{\cdot}5}$	Horizontal	$7{\cdot}73_{615}$	$7{\cdot}73_{615}$	$8{\cdot}00_{205}$	$8{\cdot}00_{205}$
			Vertical		$7{\cdot}54_{755}$	$7{\cdot}69_{330}$	$8{\cdot}04_{020}$
	L.	$M^1/_{6{\cdot}5}$	Horizontal		wie rechts		
			Vertical		wie rechts		
33	R.	$M^1/_3$	Horizontal	$7{\cdot}24_{732}$	$7{\cdot}24_{840}$	$7{\cdot}54_{755}$	$7{\cdot}48_{075}$
			Vertical		$7{\cdot}02_{570}$	$7{\cdot}24_{840}$	$7{\cdot}36_{615}$
	L.	$M^1/_{3{\cdot}25}$	Horizontal	$7{\cdot}13_{263}$	$7{\cdot}13_{695}$	$7{\cdot}54_{755}$	$7{\cdot}39_{765}$
			Vertical		$7{\cdot}06_{265}$	$7{\cdot}06_{263}$	$7{\cdot}32_{295}$

grössere Werthe als im Horizontaldurchschnitt. An eine bestimmte Refraction scheinen diese Werthe nicht gebunden zu sein. Die kleinsten Werthe für α im verticalen Meridian findet man auf Tabelle XI im dritten Falle bei hochgradiger Hypermetropie, dem einzigen Falle auch, in welchem die beiden Winkel entgegengesetzte Zeichen haben, rechts $+ 2^0$, links $- 2^0$. In derselben Tabelle findet sich auch bei $H^1/_{12}$ der grösste Werth von α mit 37^0. Die Winkel α (vertical) sind in 5 von 8 Fällen (Fall 2 Tab. X entfällt) an beiden Augen gleich. Nur einmal sind dabei auch die Winkel α (horizontal) gleich (Tab. XII. 2). Wenn wir bedenken, in welchem verticalen Meridiane die Winkel α gemessen werden, ist dieses Verhältniss nicht auffallend. In den übrigen 3 Fällen zeigen die beiden α (vertical) einmal (Tab. XI 2) nur eine ganz unbedeutende Differenz, einmal eine solche von 4^0 (der Fall mit den entgegengesetzten Zeichen von α) und einmal die (grösste) Differenz von 6^0 in dem Falle 3 von hochgradiger Myopie. In Einem emmetropischen Auge (Tab. X 2) ist α (vertical) nicht berechnet.

Dieser Fall gibt uns Gelegenheit, zur Frage über die Krümmung der äusseren Hornhautfläche überzugehen. Es sind für das letztgenannte *Auge* die 3 Radien des Horizontaldurchschnittes angegeben und aus

Myopie.

IX. ϱ im verticalen Meridian	X. ε^2	XI. a	XII. b	XIII. e	XIV. $\sphericalangle\ \alpha$	XV. $\sphericalangle\ \gamma$
	$0{\cdot}16_{712}$	$9{\cdot}13_{445}$	$8{\cdot}33_{628}$	$3{\cdot}73_{428}$	$+\ 5^0\ 4'\ 50''$	$+\ 3^0$
$7{\cdot}28_{035}$	$0{\cdot}19_{914}$	$9{\cdot}09_{086}$	$8{\cdot}13_{581}$	$4{\cdot}05_{670}$	$+\ 1^0\ 27'\ 5''$	$+\ 4^0$
	$0{\cdot}25_{995}$	$10{\cdot}28_{86}$	$8{\cdot}84_{661}$	$5{\cdot}24_{315}$	$+\ 3^0\ 42'\ 45''$	$+\ 3^0$
$7{\cdot}42_{965}$	$0{\cdot}19_{621}$	$9{\cdot}24_{324}$	$8{\cdot}28_{700}$	$4{\cdot}09_{438}$	$+\ 1^0\ 27'\ 10''$	$+\ 4^0$
	$0{\cdot}19_{043}$	$9{\cdot}55_{549}$	$8{\cdot}59_{801}$	$4{\cdot}17_{004}$	0^0	$+\ 4^0$
$7{\cdot}52_{562}$	$0{\cdot}23_{822}$	$9{\cdot}87_{900}$	$8{\cdot}62_{239}$	$4{\cdot}82_{376}$	$-\ 5^0\ 10'\ 24''$	$+\ 5^0$
		wie	rechts			
		wie	rechts			
	$0{\cdot}20_{283}$	$9{\cdot}09_{133}$	$8{\cdot}11_{712}$	$4{\cdot}09_{445}$	$+\ 1^0\ 16'\ 20''$	$+\ 4^0$
$7{\cdot}02_{232}$	$0{\cdot}21_{899}$	$8{\cdot}99_{194}$	$7{\cdot}94_{662}$	$4{\cdot}20_{748}$	$-\ 2^0\ 1'\ 24''$	0^0
	$0{\cdot}25_{822}$	$9{\cdot}61_{559}$	$8{\cdot}28_{157}$	$4{\cdot}88_{628}$	$+\ 2^0\ 14'\ 24''$	$+\ 4^0$
$6{\cdot}72_{086}$	$0{\cdot}10_{803}$	$7{\cdot}53_{427}$	$7{\cdot}11_{569}$	$2{\cdot}47_{645}$	$-\ 10^0$	$+\ 2^0$

denselben der in Klammern gestellte Winkel α mit $7^0\ 30'\ 8''$ berechnet. Wir haben diesen Werth auch auf Tabelle VII in Klammern gesetzt, denselben aber doch bei Berechnung des Mittelwerthes berücksichtigt, weil wiewohl wir gleich hören werden, dass die Berechnung eigentlich unstatthaft ist, doch aus dem grösseren Werthe von α am linken Auge das hervorgeht, was wir damit anzeigen wollen, dass nämlich die Hornhaut des linken Auges 20^0 nach innen von der Gesichtslinie schwächer gekrümmt ist, als am rechten Auge. Den Winkel α in diesem Falle nach der Ellipsenformel zu berechnen geht desshalb nicht an, weil wenn wir aus diesem $\sphericalangle\ \alpha$ und den gemessenen Radien zunächst die numerische Excentricität der Ellipse berechnen, sich ein Werth grösser als 1 ergibt. Das ist aber ein Nonsens, denn dass die lineare Excentricität einer Ellipse, dividirt durch die halbe grosse Axe nicht grösser als 1 sein kann, bedarf wohl keiner besonderen Erörterung. Es ist daher auch sicher, dass der Scheitel der durch den Horizontalschnitt dargestellten Curve nicht $7^1/_2{}^0$ nach aussen von der Gesichtslinie liegt, dass wir die Lage dieses Scheitels überhaupt nicht kennen und desshalb die Messung und Berechnung der Krümmung des verticalen Meridians nicht ausgeführt werden kann. Wir haben einen

Fall vor uns, von welchem wir sagen können, dass der Schnitt, der horizontal durch die Gesichtslinie geht, auch nicht annähernd eine Ellipse ist, dass er vielleicht eine Hyperbel, bei welcher $\varepsilon > 1$, darstellt; dass die Hornhaut weder ein Rotationsellipsoid, noch ein 3axiges Ellipsoid mit vertical und horizontal gestellten Hauptschnitten, noch ein Körper ist, in welchen die durch den Scheitel gehenden Curven Ellipsen sind, denn auch in letzterem Falle könnte — wenngleich weder die grossen noch die kleinen Axen der Ellipsen vollkommen gleich sind — der durch die Gesichtslinie gehende Horizontalschnitt sich nicht zu weit von einer Ellipse entfernen.

Diesem Auge gegenüber wollen wir zunächst ein paar Augen stellen, in welchen, wenn uns aus den zwei im Horizont und in der Verticalen gemachten Messungen Schlüsse zu ziehen erlaubt ist, eine sehr regelmässige Krümmung der Hornhaut hervortritt. In der Tab. XII, welche die myopischen Augen enthält, zieht das rechte Auge von Fall 1, sowie das rechte Auge von Fall 3 unsere Aufmerksamkeit auf sich, Winkel α (vertical) ist in beiden Augen sehr klein, es geht daher der Horizontalschnitt, der die Gesichtslinie enthält, nahezu durch den Scheitel der Hornhaut, seine Elemente sind von denen des horizontalen Hauptschnittes kaum verschieden. Da sehen wir, dass die grossen Axen des Horizontal- und Verticalschnittes nur um Hunderttheile eines Millimeters durch die Messung und Rechnung differirend gefunden wurden, während die kleine Axe des Verticaldurchschnittes kleiner ist, als die des horizontalen. Der Radius von s im verticalen Meridian und daher noch etwas mehr der Radius im Scheitel s_1, (wenn er auch nur $1 - 2^0$ von s absteht) ist dementsprechend kleiner als ϱ im horizontalen Meridiane. Wir kennen allerdings nicht die Krümmung der Hornhaut in den Zwischenmeridianen, aber die gefundenen Daten lassen die Möglichkeit offen, dass die Hornhaut ein sehr vollkommenes 3axiges Ellipsoid darstellt, indem die grosse Axe des Verticalschnittes mit der des Horizontalschnittes identisch ist, während die kleinen Axen differiren, die kleinere vertical gestellt ist.

Dieselbe Erscheinung, dass der verticale Meridian stärker als der die Gesichtslinie enthaltende horizontale gekrümmt ist und dass in s_1 die stärkste Krümmung hervortritt, wiederholt sich in allen Augen mit einziger Ausnahme des rechten emmetropischen Auges im Falle 3 Tab. X. Da ist r (vertical) grösser als ϱ (horizontal) und auch ϱ (vertical) grösser als ϱ (horizontal). In allen diesen Augen differiren nicht bloss die kleinen Axen der beiden Schnitte, sondern auch die grossen Axen und zwar so, dass wenn wir auch den Winkel α (vertical) in

Betracht ziehen, es klar wird, dass die beiden Schnitte weder einem Rotations- noch einem 3axigen Ellipsoid angehören können. In diesen Fällen stellt daher die Hornhaut den Abschnitt eines Körpers dar, an welchem die durch den Scheitel und auch in anderer Richtung gehenden Schnitte, Ellipsen, deren grosse Axe stets von vorn nach rückwärts verläuft, darstellen, der aber sonst nicht genauer definirbar ist, höchstens so, dass die in verticaler Richtung durchgelegten Schnitte, zumeist wenn auch nicht immer eine kleinere grosse und kleine Axe haben, als die Horizontalschnitte. Der Scheitel dieser Ellipsoide ist mitunter bedeutend excentrisch gelegen, wie die grossen Winkel α (vertical) von 15 und 17° in Fall 1 und 2 der Tabelle X anzeigen.

Eine besondere Erwähnung verdient noch Fall 1, Tabelle XI. In diesen mit $H^1/_{12}$ behafteten Augen liegt der Scheitel der Hornhaut 37° über der Gesichtslinie, fällt daher gar nicht mehr in die Hornhaut. Die Hornhaut ist das Stück eines ellipsoidischen Körpers, welches zwischen dem Scheitel und dem Aequator desselben gelegen ist.

Bedenken wir ferner, dass wir zweimal (Tab. VIII, 5 u. Tab. IX, 23) die Krümmung der Hornhaut im Horizontalschnitt der Gesichtslinie kreisförmig fanden, so geht daraus hervor, dass die Hornhaut auch ein Kugelsegment oder einen Rotationskörper, dessen Rotationsaxe vertical gestellt ist und daher ausserhalb der Hornhaut liegt, darstellen kann. Denn in diesen Fällen und nur in diesen beiden ist ein Horizontalschnitt ein Kreis. Wir sehen aus allem, dass der Bau der Hornhaut, resp. die Krümmung der äusseren Hornhautoberfläche eine sehr mannigfaltige sein kann.

Gehen wir noch speciell auf die Elemente der gemessenen Horizontal- und Verticalellipsen ein, so finden wir unter den Horizontalellipsen die grösste Excentricität mit der grössten grossen und kleinen Axe im rechten emmetropischen Auge des Falles 2, Tabelle X. Da ist $a = 22{\cdot}9$, $b = 13{\cdot}2$, $e = 18{\cdot}73$ M^m. Daran schliesst sich gleich das rechte Auge des nächsten Falles (3, Tab. X), in welchem $a = 19{\cdot}97$, $b = 12{\cdot}43$, $e = 15{\cdot}63$ M^m. Sonderbarer Weise zeigt im linken Auge des 3. Emmetropen (Fall 1, Tab. X) die Horizontalellipse die kleinsten Werthe für a, b und e mit $a = 8{\cdot}67$, $b = 8{\cdot}1$ und $e = 3{\cdot}09$ M^m. Unter den Verticalellipsen begegnen wir den grössten Werthen für die Ellipsenelemente auf Tab. XI bei $H^1/_6$ (Fall 3, r. A.), wo $a = 16{\cdot}9$, $b = 11{\cdot}2$, und e 12·65 M^m, auf der gleichen Tabelle bei $H^1/_{12}$ auch den kleinsten Werthen mit $a = 7{\cdot}31$, $b = 7{\cdot}13$ und $e = 0{\cdot}16$ M^m.

Dieser Verticaldurchschnitt nähert sich daher sehr einem Kreise, doch war die Differenz in den Radien r, r_1 und r_2 zuverlässig zu constatiren.

Wenden wir uns der letzten Colonne der Tabellen X, XI und XII zu, so finden wir in denselben die Werthe für $\sphericalangle \gamma$ horizontal und vertical. Die Horizontalwerthe sind in allen Fällen positiv, aber auch die Verticalwerthe sind es durchgehends. Während der Scheitel der Hornhaut in den 17 gemessenen Augen nur 8mal über und 9mal unter der Gesichtslinie gelegen ist, liegt die Mitte der Hornhaut in allen 18 gemessenen unter der Gesichtslinie, daher wir auch dem entsprechenden α den positiven Werth gaben, wenngleich es häufiger negativ sich ergab. Es geht schon daraus hervor, wie wenig α und γ (vertical) einander entsprechen und vollends wird uns die Unabhängigkeit der beiden Winkel von einander klar, wenn wir Fall 1 Tab. XI betrachten. Da liegt die Mitte der Hornhaut 7·5°, resp. 6° unter dem Horizontalschnitt der Gesichtslinie, während der Scheitel der Hornhaut 37° über demselben gelegen ist. Der Scheitel der Hornhaut braucht gar nicht in der Hornhaut zu liegen, und liegt auch factisch in diesem Falle nicht in ihr. Bei der Mitte der Hornhaut ginge es schon schwerer, dass sie nicht in der Hornhaut läge. Was die absoluten und relativen Werthe von Winkel γ anlangt, so ergibt sich, dass in den 18 mit Sorgfalt gemessenen Augen γ auffallend grosse Werthe zeigt. Bei den 3 Emmetropen ist γ vertical, rechts und links: 6, 7°; 6, 7°; 2, 6°; bei den 3 Hypermetropen 7·5, 6°; 8, 8°; 8, 8°; bei den 3 Myopen 6, 7°; 6, 7°; 2, 6°. Nur in zwei Fällen besteht eine erhebliche Differenz (von 4°) zwischen rechtem und linken Auge. Bei Bestimmung von $\sphericalangle \gamma$ (vertical) erhält man auch die Werthe für den Verticaldurchmesser der Hornhaut. Derselbe ist fast durchgehends kleiner als der horizontale. In den gemessenen Augen lag die Gesichtslinie durchgehends nach innen und oben von der Hornhautmitte, dagegen bald nach innen und oben, bald nach innen unten vom Hornhautscheitel. Da $\sphericalangle \alpha$ und γ (horizontal) auch negativ sein können, so ist begreiflicherweise die Abweichung nach innen keine constante Erscheinung.

Exacte Messungen zum Zwecke der Ergründung des Hornhautbaues in seinen verschiedenen Meridianen sind bis jetzt im Ganzen sehr wenige vorgenommen worden. Die Elemente für den die Gesichtslinie enthaltenden Horizontaldurchschnitt wurden allerdings schon wiederholt (von *Senff*, Helmholtz, Knapp, Woinow, Adamük und Woinow) berechnet (wobei ich bemerken will, dass die bisher gefundenen

grössten Werthe von a, b und e hinter den von mir gefundenen Maximalwerthen wesentlich zurückbleiben, indem Woinow als Maxima aus den von den genannten Forschern gefundenen Werthen anführt für a 13·69, für b 10·62 und für e 8·98 M^{m}·), aber, wiewohl dies sonderbar klingt, so liegt doch bisher keine einzige exacte Messung über die Lage und über den Radius des Scheitels der Hornhaut vor. Es wurden überhaupt nur in 6 Augen, (in 1 von Senff, in 5 von Knapp) die Elemente eines Verticaldurchschnitts der Hornhaut berechnet, aber dieser gemessene Verticaldurchschnitt war nicht durch den Scheitel des Horizontalschnitts, sondern durch die Gesichtslinie gelegt. Unter gewissen Voraussetzungen, welche jedoch bei der unregelmässigen Krümmung der Hornhaut nicht zutreffen müssen, bestimmt Knapp zwar aus den Messungen der beiden durch die Gesichtslinie gehenden Meridiane die Lage des Hornhautscheitels, aber nicht den Radius, der sich bei unserer Messungsmethode für den verticalen Meridian leicht berechnen und auch, wenn der Scheitel in der Hornhaut liegt, leicht in horizontaler und verticaler Richtung messen lässt. Knapp stellt übrigens als Resultat seiner Messungen den Satz auf: „Die Krümmung der äusseren Hornhautoberfläche ist der Art, dass die einzelnen, durch einen central gelegenen Scheitel gehenden Meridiane fast symmetrische und nahehin elliptische Curven darstellen, wobei aber ihre Excentricität bedeutend variirt.“ Es muss noch angeführt werden, dass Donders, wenn er ein System von Messungen an der Hornhaut ausführen wollte, zuerst den Scheitel der Hornhaut zu ermitteln suchte. Aber die von ihm angewendete Methode ist nicht exact. Von der Ansicht ausgehend, dass Mitte und Scheitel der Ellipsen zusammenfallen, bestimmte er zuerst einfach $\sphericalangle \gamma$ im Horizont, liess die Mitte der Hornhaut spiegeln und mass dann den Radius sowohl an einer nach innen, als nach einer nach aussen von der Mitte um einen gewissen Winkel (gewöhnlich einen solchen von 10^0) abstehenden Stelle. Es hat sich dabei herausgestellt, dass die Axe der Horizontalellipse stets durch die Mitte des Horizontaldurchschnitts ging, indem die beiden genannten Radien gleich gross befunden wurden. Es kann gegenwärtig kein Zweifel sein, dass eine solche Gleichheit von $\sphericalangle \alpha$ und $\sphericalangle \gamma$ nur in Folge der zu wenig exacten Methode gefunden wurde. Bei der geringen Excentricität, welche der Horizontaldurchschnitt der Hornhaut gewöhnlich darbietet, in Folge dessen die Krümmung der Hornhaut an nahegelegenen Stellen sehr wenig differirt, ist es unmöglich diese Differenz durch ophthalmometrische *Messung nachzuweisen* — ein Umstand, um deswillen sich

mir auch die Messung des Winkels α nach Mandelstamm's Methode als praktisch nicht ausführbar erwies. Es kann daher $\sphericalangle \alpha$ und $\sphericalangle \gamma$ um ein paar Grade differiren und doch wird in gleichem Abstande rechts und links von der Hornhautmitte ein gleicher Radius gemessen. In verticaler Richtung wird von Donders gleichfalls zunächst nur Winkel γ und zwar in dem durch die Mitte des Horizontalschnitts gehenden Meridian bestimmt. Es wird wieder in analoger Weise controlirt, ob die Mitte des Verticalmeridians auch dessen Scheitel sei. Im verticalen Meridian kommt nach Donders nicht selten eine Abweichung des Scheitels von der Mitte vor. Der Scheitel wird gefunden, indem man ein Visirzeichen in verticaler Richtung so lange verschiebt, bis 2 von der spiegelnden Stelle der Hornhaut nach oben und unten um gleichviel Grade entfernte Stellen den gleichen Radius zeigen. Sowie der durch die Mitte des Horizontalschnitts gehende Verticalmeridian in der Regel den Scheitel der Horizontalellipse gar nicht enthält, kann auch der Scheitel dieser Verticalellipse (die in der Regel also gar nicht die richtige ist) aus eben erörterten Gründen nicht in der beschriebenen Weise mit Exactheit bestimmt werden. Die Methode von Donders ist zwar sehr einfach, aber eigentlich nicht verwendbar.

Indem wir das Ophthalmometer als Fernrohr benützen, lässt sich mit Hilfe der Gradbogen, die wir zur Bestimmung der Hornhautkrümmung so vielfach in Verwendung gezogen, noch die Lage des Drehpunktes des Auges und so der Scheitel des Winkels γ bestimmen. Wir ziehen nur die Lage des Drehpunktes in Betracht, wie sie bei Bewegungen der Blicklinie in einer Horizontalebene zu eruiren ist. Zu sehr in das Gebiet der Augenbewegungen überzugreifen, müssen wir uns an dieser Stelle hüten. Wir wollen daher die Frage nicht erörtern, ob der Drehpunkt des Auges für alle Bewegungsrichtungen derselbe sei und ob die Gesetze, nach welchen die Bewegungen des ametropischen Auges erfolgen, mit denen, die für das emmetropische Auge gelten, identisch sind oder nicht. In ersterer Beziehung wiederholen wir nur, dass bereits Scheiner (1619) einen unbeweglichen Drehpunkt im Centrum der Skleralsphäre annahm, sowie wir anführen, dass aus Volkmann's (1869) und Woinow's (1870) Untersuchungen gleichfalls die Constanz des Drehpunktes für alle Bewegungen des Auges sich ergibt, während J. J. Müller (1868) und E. Berlin (1871) zu dem Schlusse kamen, *dass* der Drehpunkt des Auges zwar bei Bewegungen in der hori-

zontalen Blicklinie aber nicht für alle Bewegungen constant sei, sondern sich um so mehr vom Scheitel der Cornea entferne, je höher die Blickebene relativ zum Kopfe gelegen ist. Bei Untersuchungen in Betreff der Lage des Drehpunktes ist, wenn möglich, eine Methode anzuwenden, welche keine Anforderung an die Intelligenz des Untersuchten stellt, also keine subjective sondern eine objective ist. Zur Entscheidung der uns vorliegenden Frage, wie die Lage des Drehpunktes durch den Bau des Auges beeinflusst werde, eignet sich desshalb am besten das von Donders und Doyer (1862) eingeschlagene Verfahren. Bei der Bestimmung des Winkels γ sprachen wir bereits von einem verticalen Haare, welches unmittelbar vor der Oeffnung A, den verticalen Durchmesser derselben deckend, angebracht wird. Das Haar, welches unmittelbar vor die Oeffnung A gestellt wird, ist in einem viereckigen, auf einem entsprechenden Gestelle befindlichen Rahmen (Fig. 71) von 30 M^{m} Höhe und 160 M^{m} Breite angebracht und dient, nachdem es seinen Zweck, die Blicklinie genau durch den Nulltheilstrich des horizontalen Gradbogens gehen zu lassen, erfüllt hat, noch dazu, um zu bestimmen, welche Excursion das Auge machen muss, damit abwechselnd inneres und äusseres Ende des Horizontaldurchmessers der Hornhaut mit dem Haare zusammenfällt. Zu dem Ende wird z. B. zuerst das Visir v so lange am Gradbogen nach rechts verschoben, bis (Fig. 72) der linke Endpunkt a der Hornhautsehne von dem Haare gedeckt ist und hierauf das Visir v_1 so lange nach links gerückt, bis der rechte Endpunkt b hinter dem Haar steht, hierauf lässt man noch, um vor Verschiebungen des Kopfes sicher zu sein, einige Male rasch abwechselnd v und v_1 fixiren. Die Totalexcursion, der Winkel aob, welcher durch die Hornhautmittellinie mo halbirt wird,

Fig. 71.

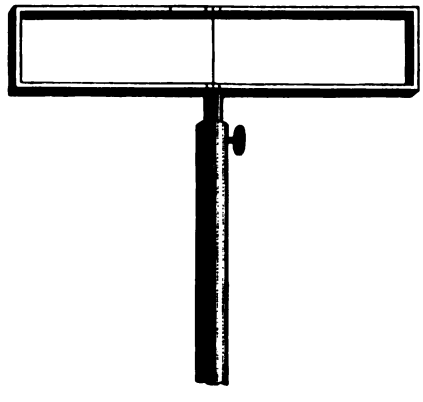
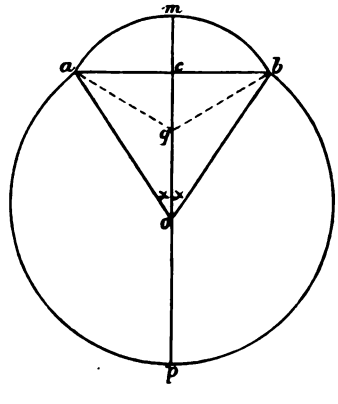


Fig. 72.



wird am Gradbogen abgelesen. Im rechtwinkeligen Dreiecke *aco* kennen wir die eine Kathete: *ac* (denn das ist dieselbe Hornhautsehne, die wir bei Bestimmung von γ massen) und den spitzigen Winkel *aoc* $= x = {}^1/_2\, aob$, den wir eben bestimmten. Die andere Kathete *co* des rechtwinkeligen Dreiecks ist gleich der Kathete *ac* multiplicirt mit der Cotangente des anliegenden spitzen Winkels, also

$$co = ac.\ cot\, x.$$

So wird die Lage des Drehpunktes hinter der Hornhautbasis *ab* bestimmt. Fragen wir zunächst, ob dieser Theil der Bestimmung exact ist, so muss das bejaht werden. Winkel *aoc* kann freilich nach haarspaltender Theorie nur dann bestimmt werden, wenn *o* mit dem Centrum des Gradbogens zusammenfällt, wir also wissen, wo der Drehpunkt, den wir suchen wollen, liegt. Indem wir den Gradbogen so einstellen, dass sein Centrum 14 M$^{m.}$ hinter der Hornhaut (und bei nicht exacter Kopfstellung auch wohl 1 M$^{m.}$ mehr oder weniger) gelegen ist, wird allerdings im speciellen Falle der Drehpunkt nur zufällig im Centrum des Gradbogens stehen, aber das ist ja der Witz dieser Methode, dass in Anbetracht der Grösse des Bogenradius von 474 M$^{m.}$ und in Anbetracht der relativ geringen, wenngleich für unsere Zwecke hinlänglichen Genauigkeit, mit welcher wir den Winkel *aob* (nach Graden oder höchstens halben Graden) messen, es ganz und gar gleichgiltig ist, ob *o* genau mit dem Centrum des Gradbogens zusammenfällt oder nicht.

Wir haben schon früher [1]) erwähnt, dass uns nie ein Auge vorgekommen ist, bei welchem die Excursion in der Horizontalebene zu gering gewesen wäre, um nicht die beiden Ränder der Hornhaut mit dem Haar zusammenfallen zu machen. Donders und Doyer fanden solches in manchen, namentlich myopischen Augen. Sie wendeten in diesen Fällen ein Auskunftsmittel an, das, wie schon J. J. Müller bemerkt [2]), geeignet war, bereits in die Bestimmung von *co* einen Fehler einzuführen. Wir wenden uns von diesem Fehler, den zu begehen wir nicht in die Lage kamen, und den zu besprechen keine Nöthigung vorliegt, zu der Frage, wie wir, wenn uns die Lage des Drehpunktes hinter der Hornhautbasis bekannt ist, einerseits den Abstand des Drehpunktes hinter der Hornhautmitte *m*, andererseits dessen Lage auf der Augenaxe *mp* bestimmen können. Für das erstere müssen wir den Abstand der Hornhautmitte von der Basis, d. i. *mc*, zu letzterem Zwecke die Länge der Augenaxe bis zur percipirenden Netzhautschichte.

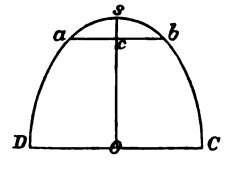
[1]) S. pag. 544.

[2]) Gräfe's Archiv XIV. 3 pag. 190.

beziehungsweise auch die Dicke der hinter der letzteren gelegenen Augenhäute kennen. Für alle diese Grössen nahm Donders schematische Werthe. mc wurde für alle Fälle mit 2·6 $M^{m.}$, die Länge der Augenaxe nach den Werthen des schematischen Auges und der bestehenden Refraction des Auges berechnet, also z. B. für alle emmetropischen Augen mit 22·231 $M^{m.}$ bis zur percipirenden Netzhautschichte und indem die Dicke von Ader- und Lederhaut im hinteren Pol 1·3 $M^{m.}$ gleichgesetzt wurde, in toto mit 23·53 $M^{m.}$ angenommen. Den schematischen Werth von $mc = 2{\cdot}6$ $M^{m.}$ könnte man, wiewohl auch dieser Werth bedeutend schwankt, allenfalls in Verwendung ziehen, aber was die Axenlänge betrifft, so geht es, wie wir dies schon wiederholt betont, nicht an, bei Untersuchungen individueller Augen einen direct gefundenen Werth mit einem schematischen zu verquicken. Ein Blick auf die Tabelle VII der Emmetropen wird uns belehren, dass ein emmetropisches Auge mit einem Cornealradius von 7 $M^{m.}$ schwerlich dieselbe Axenlänge haben dürfte wie ein Auge, dessen Hornhautradius 8 $M^{m.}$ beträgt — ganz abgesehen davon, dass die grosse Differenz der Axenlänge sich durch die sehr verschiedene Vergrösserung des aufrechten Augenspiegelbildes unzweideutig während des Lebens diagnosticiren lässt.

Man muss desshalb trachten, sowohl den Werth von mc, als auch die Axenlänge dem individuellen Falle entsprechend etwas genauer zu bestimmen. So lange man glaubte, dass der Scheitel s der Horizontalellipse mit der Hornhautmitte m zusammenfalle, die grosse Axe also durch die Mitte der Hornhautsehne auf ihr senkrecht stehend, gehe, liess sich die Hornhauthöhe $sc = h$ aus den Elementen der Ellipse berechnen. Es war (Fig. 73), wenn $ac = cb = d$, also die halbe Hornhautsehne gemessen, die halbe grosse Axe $so = a$ der Ellipse, sowie die halbe kleine Axe $co = b$ berechnet war, die Hornhauthöhe durch die Gleichung zu berechnen:

Fig. 73.

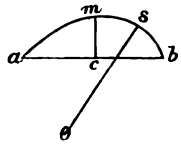


$$h = a - \frac{a}{b}\sqrt{b^2 - d^2} \quad \text{VII.}$$

Das wäre aber ein bitteres Brod, wenn man für Zwecke der Drehpunktsbestimmung in jedem Falle, ganz abgesehen von der Nöthigung drei Radien zu messen, eine so ungemein weitläufige Rechnung, wie sie es schon durch Berechnung von a und b wird, ausführen müsste. Da, wie sich herausgestellt hat, Scheitel und Mitte nicht zusammenfallen, so ist unser Gewissen rein, wenn wir die Kenntniss der

Hornhauthöhe nicht mit solchen Opfern erkaufen, denn wenn, um die Verhältnisse zum leichteren Verständnisse recht monströs darzustellen, (Fig. 74) mc die zu messende Linie, s dagegen den Scheitel der Ellipse, und os die halbe grosse Axe darstellt, dann wird es klar, dass wir durch Formel VII was immer, nur nicht mc berechnen. Weil aber die Hornhaut in ihrem Horizontaldurchschnitt nicht so monströs gestaltet ist, sondern in der Regel nur eine geringe Excentricität hat, also vom Kreise sich nicht sehr entfernt, so können wir mc mit annähernder Genauigkeit berechnen, wenn wir die halbe Hornhautsehne messen und annehmen, es wäre die Hornhaut als Kreis mit dem gleichfalls zu messenden Radius in der Gesichtslinie beschrieben. Ist (Fig. 72) q das Centrum der Hornhaut, also $mq = aq = bq = r$, dann ist

Fig. 74.



$$h = mc = mq - cq = r - cq$$

$$cq = \sqrt{\overline{aq}^2 - \overline{ac}^2} = \sqrt{r^2 - d^2}$$

$$\text{daher } h = r - \sqrt{r^2 - d^2} \quad \text{VII}a.$$

Nach dieser Formel ist die Hornhauthöhe, d. h. der Abstand der Hornhautmitte von der Basis in den folgenden Tabellen mit Ausnahme eines Falles berechnet.

Was die Länge der Augenaxe anlangt, so hat man sich bisher vergeblich bemüht, dieselbe im lebenden Auge direct zu bestimmen. Von einer subjectiven Methode, die Landolt[1]) angegeben, und auch von den Andeutungen Hirschbergs[2]) über eine objective Methode, nach welch' letzterer der Brechungsindex der Linse und die Axenlänge im lebenden Auge allerdings nur annähernd bestimmt werden soll, können wir absehen, aber ausdrücklich muss wieder hervorgehoben werden, dass wenn man sich auch der Mühsal unterzieht, nebst der Hornhaut, die Tiefe der vorderen Kammer, die Krümmung der beiden Linsenflächen, die Dicke der Linse zu bestimmen und daraus die Constanten des dioptrischen Apparats und aus diesen die Axenlänge zu berechnen, dies insolange ein unfruchtbares Gebahren bleibt, als der Brechungsindex der lebenden Linse nicht bekannt ist. Man braucht, um von der Richtigkeit dieses Ausspruches, abgesehen von dem früher

[1]) Zehender's klinische Monatblätter. 1873, pag. 473.

[2]) Centralblatt für die med. Wissenschaften. 1874, pag. 769 (Nr. 49).

Erörterten [1]) überzeugt zu sein, nur einen Blick auf die Constanten zu werfen, welche Woinow [2]) nach seinen Messungen am Lebenden für ein schematisches Auge aufgestellt hat, dessen Axenlänge bis zur Retina gar nur 21·5477 M^m· beträgt. Doch mit Befriedigung fällt mein Blick auf die Resultate, welche Woinow selbst nachträglich bei der Bestimmung des totalen Brechungsvermögens von vier ganz frischen menschlichen Linsen erhalten hat, und die in dem mir soeben zugekommenen Sitzungsberichte (1874) der Heidelberger ophthalmologischen Gesellschaft mitgetheilt sind. Die Werthe sind: 1·4311, 1·4303 (Kinderaugen), 1·4362 (bei einem 16jährigen), 1·4441 (bei einem 47jährigen). Die Werthe für den totalen Brechungsindex der jugendlichen Linsen sind nicht blos kleiner, als der alte schematische Werth: 1·4545, sondern auch kleiner als der neue [3]) schematische Werth: 1·4371. Wenn Woinow nunmehr unter Zugrundelegung des von ihm gefundenen Brechungsindex der Linse die Constanten des schematischen Auges berechnen wird, dann wird er ganz andere, der Wirklichkeit weit mehr entsprechende Werthe erhalten. So ist die schon aus den Befunden bei Aphakie und aus Messung der Axenlängen todter Augen mit Sicherheit erschlossene Unrichtigkeit des totalen Brechungsvermögens der lebenden Linse direct erwiesen.

Am besten verfährt man gegenwärtig zur Bestimmung der Augenaxe, wenn man sich unserem Verfahren anschliesst. Aus den bei Aphakie nöthigen Correctionsgläsern geht hervor, dass der Werth der Linse im Auge nur wenig schwankt. Wenn wir annehmen, dass, falls die Linse dem Auge entnommen wird, auf die Hornhaut des ursprünglich emmetropischen Auges die Strahlen, um auf der Netzhaut sich zu vereinigen, so auffallen müssen, dass sie sich ohne Brechung 79 M^m· hinter der Hornhaut vereinigen würden, so können wir, wenn wir den Radius in der Gesichtslinie messen, die Axenlänge bis zur percipirenden Netzhautschicht sehr annähernd berechnen [4]). In dieser Weise sind die Axenlängen in Tabelle XIII gewonnen, welche die Verhältnisse der Lage des Drehpunktes bei den in Tabelle VII vorgeführten 17 Emmetropen erörtert. In den Fällen, in welchen die Radien in der Gesichtslinie beider Augen differiren, wurde ein mittlerer Radius genommen, im Falle 15 der Radius des mit $M^1/_{60}$ behafteten Auges nicht berücksichtigt, im Falle 9 nur das rechte Auge genommen, weil wegen der grossen Excen-

[1]) S. pag. 425.

[2]) Annales d'oculistique, März-April-Heft 1874. pag. 146.

[3]) S. pag. 428.

[4]) S. pag. 243.

Tabelle XIII. Emmetropie.

I. Nr. der Tabelle VII	II. Radius in der Gesichtslinie	III. Halbe Hornhautsehne	IV. Drehungsbogen der Hornhaut	V. Abstand des Drehpunkts von der Hornhautbasis	VI. Abstand der Hornhautmitte von der Basis	VII. Abstand des Drehpunkts von der Hornhautmitte	VIII. Länge des Auges bis zur empfindenden Netzhautschichte	IX. Lage des Drehpunkts hinter der Mitte dieser Linie	X. Totale Augenaxe	XI. Lage des Drehpunkts hinter der Mitte der Augenaxe
1	$7\cdot08$	$5\cdot52_{334}$	58^0	$9\cdot96_{44}$	$2\cdot65$	$12\cdot61$	$22\cdot16_{96}$	$1\cdot53$	$23\cdot47$	$0\cdot88$
2	$7\cdot39_{765}$	$6\cdot15_{927}$	60^0	$10\cdot66_{92}$	$3\cdot30$	$13\cdot97$	$22\cdot94_{20}$	$2\cdot50$	$24\cdot24$	$1\cdot85$
3	$7\cdot51_{010}$	$6\cdot23_{169}$	62^0	$10\cdot37_{13}$	$3\cdot32$	$13\cdot69$	$23\cdot21_{42}$	$2\cdot09$	$24\cdot51$	$1\cdot44$
4	$7\cdot54_{755}$	$6\cdot15_{927}$	58^0	$11\cdot11_{16}$	$3\cdot18$	$14\cdot29$	$23\cdot30_{44}$	$2\cdot64$	$24\cdot60$	$1\cdot99$
5	$7\cdot57$	$5\cdot94_{354}$	56^0	$11\cdot17_{42}$	$2\cdot88$	$14\cdot06$	$23\cdot35_{69}$	$2\cdot38$	$24\cdot65$	$1\cdot73$
6	$7\cdot57$	$5\cdot94_{354}$	58^0	$10\cdot72_{24}$	$2\cdot88$	$13\cdot60$	$23\cdot35_{69}$	$1\cdot92$	$24\cdot65$	$1\cdot27$
7	$7\cdot58_{520}$	$6\cdot08_{846}$	57^0	$11\cdot21_{06}$	$3\cdot06$	$14\cdot27$	$23\cdot40_{64}$	$2\cdot57$	$24\cdot71$	$1\cdot92$
8	$7\cdot69_{830}$	$5\cdot84_{080}$	56^0	$10\cdot91_{16}$	$2\cdot64$	$13\cdot55$	$23\cdot66_{56}$	$1\cdot72$	$24\cdot97$	$1\cdot07$
9 R. *A*	$7\cdot69_{830}$	$5\cdot66_{172}$	56^0	$10\cdot67_{27}$	$2\cdot22$	$12\cdot89$	$23\cdot66_{56}$	$1\cdot06$	$24\cdot97$	$0\cdot41$
10	$7\cdot73_{615}$	$5\cdot80_{180}$	55^0	$11\cdot14_{52}$	$2\cdot61$	$13\cdot76$	$23\cdot75_{58}$	$1\cdot88$	$25\cdot06$	$1\cdot23$
11	$7\cdot81$	$6\cdot15_{927}$	57^0	$11\cdot34_{40}$	$3\cdot00$	$14\cdot34$	$23\cdot93_{12}$	$2\cdot37$	$25\cdot23$	$1\cdot72$
12	$7\cdot81$	$6\cdot08_{846}$	57^0	$11\cdot21_{06}$	$2\cdot92$	$14\cdot13$	$23\cdot93_{12}$	$2\cdot16$	$25\cdot23$	$1\cdot51$
13	$7\cdot77$	$5\cdot73_{176}$	54^0	$11\cdot24_{92}$	$2\cdot52$	$13\cdot77$	$23\cdot83_{48}$	$1\cdot85$	$25\cdot14$	$1\cdot20$
14	$7\cdot87$	$6\cdot01_{520}$	56^0	$10\cdot85_{17}$	$2\cdot80$	$13\cdot65$	$24\cdot07_{29}$	$1\cdot61$	$25\cdot37$	$0\cdot96$
15 L. *A*	$8\cdot00_{205}$	$6\cdot15_{927}$	56^0	$11\cdot58_{89}$	$2\cdot90$	$14\cdot48$	$24\cdot38_{89}$	$2\cdot29$	$25\cdot68$	$1\cdot64$
16	$8\cdot04_{040}$	$6\cdot08_{846}$	61^0	$10\cdot33_{86}$	$2\cdot79$	$13\cdot12$	$24\cdot47_{16}$	$0\cdot89$	$25\cdot77$	$0\cdot24$
17	$8\cdot33$	$5\cdot87_{007}$	57^0	$10\cdot81_{01}$	$2\cdot42$	$13\cdot24$	$25\cdot14_{58}$	$0\cdot67$	$26\cdot45$	$0\cdot02$

tricität der Hornhaut (s. Tabelle X 2) die Berechnung der Hornhauthöhe nach Formel VII passend erschien, eine Berechnung, die wegen der Gleichheit der Winkel α und γ in diesem Auge auch ihre volle Berechtigung hat, im linken Auge jedoch nicht ausgeführt werden kann. Um endlich die totale Axenlänge bis zum hinteren Skleralpol zu erhalten, wurde die Dicke der Augenhäute am hinteren Pol mit Donders gleich 1·3 M^m· gesetzt. Man kann sich leicht am herausgenommenen Auge überzeugen, dass für nicht gedehnte Augen dieser Werth zutreffend ist.

Die Ueberschrift der einzelnen Columnen überhebt uns der eingehenden Erklärung derselben. Erwähnt sei, dass unter Drehungsbogen der Hornhaut (Col. IV) der Winkel *aob* (Fig. 72) zu verstehen ist, dass während Col. VIII die Länge des Auges bis zur empfindenden Netzhautschicht enthält, in Col. X die totale Axenlänge bis zur äusseren Fläche der Sklerotica verzeichnet ist. In Col. IX und XI ist angegeben, wie weit der Drehpunkt hinter der Mitte der bis zur Netzhaut, sowie der bis zur äusseren Lederhautfläche reichenden Augenaxe gelegen ist. Es ergibt sich, dass bei Emmetropen der Winkel *aob* im Mittel 57·3° beträgt. Sein grösster Werth ist 62° (Fall 3), sein kleinster 54° (Fall 13). Hinter der Hornhautmitte liegt der Drehpunkt im Mittel 13·73 M^m· Den grössten Abstand von 14·48 M^m· zeigt er im Falle 15 bei einem Hornhautradius von 8 M^m·, den kleinsten mit 12·61 M^m· bei einem Hornhautradius von 7 M^m· im Fall 1, jedoch steigt dieser Werth, wie aus der Tabelle zu ersehen, durchaus nicht stetig mit der Zunahme des Radius und der Axenlänge. Der Drehpunkt ist immer hinter der Mitte der Augenaxe gelegen, sowohl wenn wir die Länge der letzteren bis zur Retina als wenn wir sie bis zum hinteren Pol berücksichtigen. Im Mittel liegt der Drehpunkt 1·89 M^m· hinter der Mitte der Augenaxe (bis zur Retina gerechnet) und 1·24 M^m· hinter der Mitte der totalen Augenaxe. Der grösste Werth mit 2·64, resp. mit 1·99 M^m· ergibt sich im Falle 4, der kleinste mit 0·67, resp. 0·02 M^m· im Falle 17. In diesem letzten Falle liegt also der Drehpunkt nahezu in der Mitte der Augenaxe. Auch dieses letztere Verhältniss ist nicht ein Attribut der grossen Axenlänge, denn im Falle 15 (Radius = 8 M^m·, Axenlänge = 25·68 M^m·) liegt der Drehpunkt 2·29, resp. 1·64 M^m· hinter der Mitte der Augenaxe.

Tabelle XIV enthält die Werthe für die Lage des Drehpunktes bei Hypermetropie. Die Fälle sind der besseren Uebersicht wegen nach dem Grade der totalen, nicht nach jenem der manifesten Hypermetropie geordnet, woraus sich die ungleichmässige Reihenfoge der Zahlen in

Tabelle XIV. Hypermetropie.

I. Nr. der Tab. VIII.	II. Auge	III. Grad der Hyper-metropie	IV. Radius in der Gesichtslinie	V. Halbe Hornhautsehne	VI. Drehungs-bogen der Hornhaut	VII. Abstand des Drehpunkts von der Hornhautbasis	VIII. Abstand der Horn-hautmitte von der Basis	IX. Abstand des Drehpunkts von der Hornhautmitte	X. Länge des Auges bis zur empfindenden Netzhaut-schichte	XI. Lage des Drehpunkts hinter der Mitte dieser Linie	XII. Totale Axenlänge	XIII. Lage des Drehpunkts hinter der Mitte der Augenaxe
2	R.	$^1/_{40}$	$7{\cdot}77_{375}$	$5{\cdot}80_{180}$	56^0	$10{\cdot}91_{19}$	2·60	13·51	$22{\cdot}39_{67}$	1·81	24·70	1·16
3	R.	$^1/_{12}$	$7{\cdot}21_{105}$	$5{\cdot}80_{180}$	62^0	$9{\cdot}65_{59}$	2·93	12·59	$21{\cdot}42_{85}$	1·88	22·73	1·23
7	R.	$^1/_{12}$	$7{\cdot}62_{245}$	$5{\cdot}80_{180}$	63^0	$9{\cdot}46_{77}$	2·68	12·15	$22{\cdot}37_{07}$	0·96	23·67	0·31
14	R.	$^1/_{11}$	$7{\cdot}48_{075}$	$5{\cdot}80_{180}$	58^0	$10{\cdot}46_{67}$	2·76	13·23	$22{\cdot}13_{45}$	2·16	23·43	1·51
4	L.	$^1/_9$	$7{\cdot}73_{615}$	$6{\cdot}08_{696}$	60^0	$10{\cdot}54_{29}$	2·96	13·50	$22{\cdot}37_{08}$	2·31	23·67	1·66
12	R.	$^1/_9$	$7{\cdot}54_{755}$	$5{\cdot}59_{253}$	57^0	$10{\cdot}30_{02}$	2·48	12·78	$21{\cdot}95_{20}$	1·80	23·25	1·15
20	R.	$^1/_8$	$7{\cdot}48_{075}$	$5{\cdot}80_{180}$	57^0	$10{\cdot}68_{56}$	2.76	13·45	$21{\cdot}54_{11}$	2·68	22·84	2·03
16	R.	$^1/_7$	$7{\cdot}21_{105}$	$5{\cdot}80_{180}$	60^0	$10{\cdot}04_{90}$	2·93	12·98	$20{\cdot}94_{53}$	2·51	22·25	1·86
10	L.	$^1/_6$	$7{\cdot}62_{245}$	$5{\cdot}94_{354}$	60^0	$10{\cdot}29_{35}$	2·85	13·14	$21{\cdot}56_{52}$	2·36	22·87	1·71
15	R.	$^1/_6$	$7{\cdot}48_{075}$	$5{\cdot}80_{180}$	62^0	$9{\cdot}65_{49}$	2·76	12·42	$21{\cdot}26_{15}$	1·79	22·56	1·14
9	R.	$^1/_{5\cdot5}$	$7{\cdot}62_{245}$	$5{\cdot}94_{354}$	58^0	$10{\cdot}72_{24}$	2·85	13·57	$20{\cdot}92_{92}$	3·11	22·23	2·46
23	R.	$^1/_{4\cdot5}$	$7{\cdot}43_{500}$	$5{\cdot}85_{350}$	58^0	$10{\cdot}56_{80}$	2·86	13·43	$20{\cdot}54_{61}$	3·16	21·85	2·51
17	R.	$^1/_{4\cdot5}$	$8{\cdot}27_{015}$	$6{\cdot}15_{927}$	66^0	$9{\cdot}48_{44}$	2·75	12·23	$22{\cdot}22_{08}$	1·12	23·52	0·47
	L.	$^1/_{5\cdot5}$	$7{\cdot}96_{900}$	$6{\cdot}08_{696}$	61^0	$10{\cdot}33_{64}$	2·83	13·16	$22{\cdot}28_{50}$	2·02	23·59	1·37

Rubrik I erklärt. Grösster Werth des Winkels *aob* (Drehungsbogens der Hornhaut) = 66° bei $H^1/_{4\cdot5}$ (Fall 17), kleinster Werth dieses Winkels = 56° bei $H^1/_{30}$ (Fall 2), mittlerer Werth von $\sphericalangle$ *aob* 59·9°. Der Drehpunkt liegt im Mittel 13·01 M$^{m\cdot}$ hinter der Hornhaut, am weitesten nach rückwärts im Falle 23 bei $H\frac{1}{4\cdot5}$, (13·57 M$^{m\cdot}$ hinter der Hornhautmitte); am wenigsten weit von der Hornhaut, 12·15 M$^{m\cdot}$ entfernt liegt er im Falle 7 bei $H^1/_{12}$. In allen Fällen ist wie bei Emmetropie der Drehpunkt hinter der Mitte der Augenaxe gelegen. Die Länge der Augenaxe bis zur empfindenden Netzhautschichte wurde unter der Annahme berechnet, dass der Linse ein solcher Werth zukommt, dass ein linsenloses früher emmetropisches Auge $H\frac{1}{2\cdot6}$ darbieten würde. Die Dicke der Augenhäute ist wie bei Emmetropie mit 1·3 M$^{m\cdot}$ genommen. Im Mittel liegt der Drehpunkt um 2·12 M$^{m\cdot}$ hinter der Mitte der bis zur Retina, und um 1·47 M$^{m\cdot}$ hinter der Mitte der bis zur äusseren Lederhautfläche reichenden Axe. Der grösste Werth in dieser Hinsicht mit 3·16, resp. 2·51 M$^{m\cdot}$ trifft ein Auge mit $H\frac{1}{4\cdot5}$ (Fall 23), der kleinste Werth mit 0·96, resp. 031 M$^{m\cdot}$ ein Auge mit $H^1/_{12}$ (Fall 7). Im letzten Falle 17 ist bei ungleicher Hypermetropie die Lage des Drehpunktes für beide Augen berechnet. In dem Auge mit höherer Hypermetropie ist $\sphericalangle$ *aob* grösser (66° gegen 61°), liegt der Drehpunkt näher an der Hornhaut (12·23 gegen 13·16 M$^{m\cdot}$) und weniger weit hinter der Axenmitte (0·47 gegen 1·37 M$^{m\cdot}$).

Tabelle XV belehrt uns über die Verhältnisse der Lage des Drehpunktes in 26 myopischen Augen. Theilen wir die Augen in zwei Gruppen. In der ersten Gruppe stehen die Augen mit $M^1/_{30}$ bis $M\frac{1}{6\cdot5}$ (Fall 2 bis 19), in der zweiten die Augen mit $M^1/_6$ bis $M\frac{1}{2\cdot5}$ (22 bis 35). Für die erste Gruppe erhalten wir als Mittelwerth für Winkel *aob* 54·7° (als grössten Werth 57°, als kleinsten 53°); für die zweite Gruppe ergibt sich ein Mitelwerth für $\sphericalangle$ *aob* = 48·25° (grösster Werth von 54° bei $M\frac{1}{5\cdot5}$, kleinster Werth von 44° bei $M\frac{1}{2\cdot5}$). Der totale Mittelwerth für alle 26 Augen gibt für den Drehungsbogen der Hornhaut 51·2°. In der ersten Gruppe liegt der Drehpunkt im Mittel 14·30, in der zweiten 16·42 M$^{m\cdot}$ hinter der Hornhaut. Der

Tabelle XV. Myopie.

I. Nr. der Tab. IX.	II. Auge	III. Grad der Myopie	IV. Radius in der Gesichtslinie	V. Halbe Hornhautsehne	VI. Drehungsbogen der Hornhaut	VII. Abstand des Drehpunkts von der Hornhautbasis	VIII. Abstand der Hornhautmitte von der Basis	XI. Abstand des Drehpunkts von der Hornhautmitte	X. Länge des Auges bis zur empfindenden Netzhautschichte	XI. Lage des Drehpunkts hinter der Mitte dieser Linie	XII. Totale Augenaxe	XIII. Lage des Drehpunkts hinter der Mitte der Augenaxe
2	R.	$^1/_{20}$	$8 \cdot 15_{500}$	$5 \cdot 80_{140}$	54^0	$11 \cdot 38_{67}$	$2 \cdot 42$	$13 \cdot 81$	$25 \cdot 42_{04}$	$1 \cdot 10$	$26 \cdot 72$	$0 \cdot 45$
3	R.	$^1/_{30}$	$7 \cdot 28_{560}$	$6 \cdot 01_{520}$	53^0	$12 \cdot 06_{46}$	$3 \cdot 18$	$15 \cdot 24$	$22 \cdot 99_{12}$	$3 \cdot 74$	$24 \cdot 29$	$3 \cdot 09$
5	R	$^1/_{24}$	$7 \cdot 88_{775}$	$6 \cdot 08_{696}$	56^0	$11 \cdot 44_{77}$	$2 \cdot 87$	$14 \cdot 32$	$24 \cdot 60_{07}$	$2 \cdot 02$	$25 \cdot 60$	$1 \cdot 37$
8	R.	$^1/_{18}$	$7 \cdot 84_{975}$	$6 \cdot 23_{160}$	57^0	$11 \cdot 47_{73}$	$3 \cdot 07$	$14 \cdot 55$	$24 \cdot 66_{39}$	$2 \cdot 22$	$25 \cdot 96$	$1 \cdot 57$
9	R.	$^1/_{20}$	$7 \cdot 69_{430}$	$6 \cdot 08_{696}$	53^0	$12 \cdot 20_{34}$	$2 \cdot 99$	$15 \cdot 20$	$24 \cdot 26_{12}$	$3 \cdot 07$	$25 \cdot 56$	$2 \cdot 42$
10	R.	$^1/_{10}$	$7 \cdot 48_{075}$	$5 \cdot 80_{140}$	55^0	$11 \cdot 14_{52}$	$2 \cdot 76$	$13 \cdot 91$	$24 \cdot 34_{75}$	$1 \cdot 74$	$25 \cdot 45$	$1 \cdot 19$
11	R.	$^1/_{10}$	$7 \cdot 73_{615}$	$5 \cdot 94_{354}$	6^0	$11 \cdot 17_{42}$	$2 \cdot 78$	$13 \cdot 96$	$25 \cdot 05_{03}$	$1 \cdot 43$	$26 \cdot 15$	$0 \cdot 88$
12	R.	$^1/_{12}$	$7 \cdot 73_{615}$	$5 \cdot 94_{354}$	56^0	$11 \cdot 17_{82}$	$2 \cdot 78$	$13 \cdot 96$	$24 \cdot 79_{80}$	$1 \cdot 56$	$26 \cdot 00$	$0 \cdot 96$
13	R.	$^1/_{12}$	$7 \cdot 24_{440}$	$5 \cdot 52_{334}$	54^0	$10 \cdot 84_{02}$	$2 \cdot 55$	$13 \cdot 39$	$23 \cdot 49_{59}$	$1 \cdot 64$	$24 \cdot 70$	$1 \cdot 04$
15	R.	$^1/_{7 \cdot 5}$	$7 \cdot 92_{580}$	$6 \cdot 08_{696}$	55^0	$11 \cdot 69_{27}$	$2 \cdot 86$	$14 \cdot 55$	$25 \cdot 96_{70}$	$1 \cdot 57$	$26 \cdot 97$	$1 \cdot 07$
17	R.	$^1/_{7 \cdot 5}$	$7 \cdot 43_{500}$	$5 \cdot 73_{176}$	54^0	$11 \cdot 24_{92}$	$2 \cdot 69$	$13 \cdot 94$	$24 \cdot 74_{78}$	$1 \cdot 57$	$25 \cdot 75$	$1 \cdot 07$
19	R.	$^1/_{6 \cdot 5}$	$7 \cdot 24_{440}$	$5 \cdot 87_{287}$	53^0	$11 \cdot 77_{47}$	$2 \cdot 99$	$14 \cdot 77$	$23 \cdot 86_{74}$	$2 \cdot 84$	$24 \cdot 77$	$2 \cdot 39$
22	L.	$^1/_{5 \cdot 5}$	$7 \cdot 54_{755}$	$5 \cdot 80_{140}$	53^0	$11 \cdot 63_{95}$	$2 \cdot 72$	$14 \cdot 36$	$25 \cdot 23_{71}$	$1 \cdot 74$	$26 \cdot 04$	$1 \cdot 34$

23	R.	$\frac{1}{5\cdot5}$	$8\cdot04_{020}$	$6\cdot37_{795}$	54°	$12\cdot51_{74}$	3·15	15·67	$27\cdot24_{32}$	2·05	28·04	1·65
24	R.	$\frac{1}{5}$	$7\cdot58_{520}$	$5\cdot80_{180}$	50°	$12\cdot44_{20}$	2·69	15·13	$26\cdot22_{04}$	2·02	27·02	1·62
28	R.	$\frac{1}{4\cdot25}$	$7\cdot69_{830}$	$6\cdot08_{686}$	50°	$13\cdot05_{33}$	2·99	16·04	$27\cdot18_{53}$	2·45	27·88	2·10
	L.	$\frac{1}{4}$	$7\cdot73_{615}$	$6\cdot08_{686}$	48°	$13\cdot67_{13}$	2·96	16·63	$27\cdot31_{09}$	2·97	28·01	2·62
29	R.	$\frac{1}{4\cdot5}$	$7\cdot39_{765}$	$6\cdot08_{686}$	48°	$13\cdot67_{13}$	3·20	16·87	$26\cdot03_{82}$	3·85	26·74	3·50
30	R.	$\frac{1}{4}$	$8\cdot04_{020}$	$6\cdot08_{686}$	47°	$13\cdot99_{88}$	2·79	16·79	$28\cdot26_{85}$	2·66	28·97	2·31
	L.	$\frac{1}{3\cdot5}$	$8\cdot04_{020}$	$6\cdot23_{169}$	47°	$14\cdot33_{19}$	2·96	17·29	$29\cdot36_{73}$	2·64	29·97	2·31
32	R.	$\frac{1}{3\cdot25}$	$7\cdot84_{975}$	$5\cdot80_{180}$	48°	$13\cdot03_{11}$	2·56	15·59	$29\cdot20_{93}$	0·99	29·81	0·69
33	R.	$\frac{1}{3}$	$7\cdot24_{840}$	$6\cdot01_{520}$	47·5°	$13\cdot63_{83}$	3·21	16·85	$27\cdot60_{88}$	3·05	28·11	2·80
	L.	$\frac{1}{3\cdot25}$	$7\cdot13_{685}$	$5\cdot87_{267}$	47°	$13\cdot50_{62}$	3·08	16·59	$26\cdot70_{07}$	3·24	27·30	2·94
34	R.	$\frac{1}{2\cdot75}$	$7\cdot48_{075}$	$5\cdot94_{354}$	47°	$13\cdot66_{92}$	2·93	16·60	$28\cdot45_{67}$	2·37	28·86	2·17
35	R.	$\frac{1}{2\cdot75}$	$8\cdot00_{205}$	$6\cdot08_{686}$	45°	$14\cdot69_{50}$	2·81	17·51	$31\cdot41_{90}$	1·95	31·52	1·75
	L.	$\frac{1}{2\cdot5}$	$7\cdot81_{190}$	$6\cdot08_{686}$	44°	$15\cdot06_{55}$	2·92	17·99	$31\cdot35_{65}$	2·31	31·76	2·11

totale Mittelwerth für die genannte Grösse ist 15·44 M^{m}·, der kleinste Werth 13·39 M^{m}· bei $M^1/_{12}$ (Fall 13), der grösste 17·99 M^{m}· bei $M\frac{1}{2\cdot5}$ (Fall 35 links). Was die Lage des Drehpunktes auf der Augenaxe anlangt, so liegt auch im myopischen Auge der Drehpunkt immer hinter der Mitte der Augenaxe. Die Augenaxe bis zur Retina ist unter Voraussetzung desselben Linsenwerthes wie beim hypermetropischen Auge berechnet, für die Berechnung der totalen Axenlänge wurde die Dicke der Augenhäute bei geringer Myopie bis $M^1/_{10}$ noch mit 1·3 M^{m}., dann aber bei steigender Myopie mit immer geringerem Werthe, bei $M > {}^1/_3$ mit dem geringsten Werthe von 0·4 M^{m}· angenommen. Hinter der Mitte der bis zur Retina reichenden Axe liegt der Drehpunkt in der ersten Gruppe im Mittel 2·04, in der zweiten 2·45, im totalen Mittel 2·26 M^{m}· Die entsprechenden Werthe, auf die Totalaxe bezogen, sind: 1·46, 2·14, 1·82 M^{m}· Der grösste diessbezügliche Werth ist 3·85, beziehungsweise 3·50 M^{m}· bei $M\frac{1}{4\cdot5}$ mit einem Hornhautradius von 7·4 M^{m}. (Fall 29), der kleinste: 0·99, resp. 0·69 M^{m}· bei $M\frac{1}{3\cdot25}$ mit einem Cornearadius von 7·8 M^{m}· (Fall 32). In den Fällen 28, 30, 33, 35 ist bei ungleicher Myopie jedes der Augen berücksichtigt. In allen Fällen lässt sich constatiren, dass in dem stärker myopischen Auge der Drehpunkt weiter von der Hornhaut entfernt ist. Dass er desshalb auch weiter hinter der Mitte der Augenaxe liege, ist damit durchaus nicht gesagt, da die letztere Lage von der Länge der Augenaxe abhängt, daher wir auch nur im Falle 28 und 35 eine solche relativ zur Mitte tiefere Lage im stärker myopischen Auge nachweisen können.

Die gefundenen und eben besprochenen Mittelwerthe sind in der beifolgenden kleinen Tabelle übersichtlich zusammengestellt.

I. Refraction	II. Drehungsbogen der Hornhaut			III. Abstand des Drehpunktes von der Hornhautmitte			IV. Abstand des Drehpunktes von der Mitte der bis zur Netzhaut reichenden Axe			V. Abstand des Drehpunktes von der Mitte der totalen Augenaxe		
	grösster	kleinster	mittlerer	grösster	kleinster	mittlerer	grösster	kleinster	mittlerer	grösster	kleinster	mittlerer
Emmetropie	62°	54°	57·3°	14·48	12·64	13·73	2·64	0·67	1·89	1·99	0·02	1·24
Hypermetropie	66°	56°	59·9°	13·57	12·15	13·01	3·16	0·96	2·12	2·51	0·31	1·57
Myopie	57°	44°	51·2°	17·99	13·39	15·44	3·85	0·99	2·26	3·50	0·69	1·82
($M^1/_{30}$ bis $M^1/_{6·5}$)			54·7°			14·30			2·04			1·46
($M^1/_6$ bis $M^1/_{2·5}$)			48·25°			16·42			2·45			2·15

Wir sehen, dass Winkel *aob* in seinem grössten, kleinsten und Mittelwerthe bei Hypermetropie grösser, bei Myopie kleiner als bei Emmetropie ist, so wie wir aus Tabelle XV entnehmen, dass mit dem Grade der steigenden Myopie eine ziemlich stetige Abnahme des Drehungsbogens der Hornhaut einhergeht. Den grössten Werth von 66° zeigt ein Auge mit $H\frac{1}{4\cdot5}$, den kleinsten um nicht weniger als 22° differirenden, mit 44° ein Auge mit $M\frac{1}{2\cdot5}$. In Betreff der Lage des Drehpunkts ergibt sich, dass er im myopischen Auge weiter, im hypermetropischen weniger weit, als bei Emmetropie von der Hornhaut absteht. Die grösste Differenz aller Werthe beträgt nicht weniger als 5·84 $M^{m.}$ Was die Lage des Drehpunktes hinter der Mitte der Augenaxe anlangt, so liegt der Drehpunkt sowohl im hypermetropischen, als im myopischen Auge weiter hinter der Mitte der Augenaxe, als bei Emmetropie, bei Myopie wieder weiter, als bei Hypermetropie, sowie bei hochgradiger Myopie weiter als bei geringerer.

Dass der Drehpunkt bei Hypermetropie, wiewohl er der Hornhaut näher steht als bei Emmetropie, doch weiter hinter der Mitte der Augenaxe liegen kann, erklärt sich aus der Verkürzung der Axe bei Hypermetropie.

Donders hat folgende Mittelwerthe gefunden: Bei Emmetropie liegt der Drehpunkt im Mittel 13·45, bei Hypermetropie 13·22, bei Myopie 14·52 $M^{m.}$ hinter der Hornhaut. Hinter der Mitte der Augenaxe liegt er bei Emmetropie 1·77, bei Hypermetropie 2·17, bei Myopie 1·75 $M^{m.}$ Der wesentliche Unterschied zwischen diesen und meinen Befunden beruht darin, dass Donders den Drehpunkt bei Myopie am wenigsten weit, ich ihn aber am weitesten hinter der Mitte der Augenaxe liegend fand. Donders hat auch noch weiter auf die Lage des Drehpunktes vor der Hinterfläche der Sklerotica Schlüsse gezogen, die dahin zielen, dass bei Hypermetropie der Drehpunkt näher, bei Myopie entfernter von der Hinterfläche der Sklerotica steht, als bei Emmetropie. Bestimmt man nicht, wie Donders, für die Lage des Drehpunktes hinter der Hornhaut individuelle Werthe, während man für die Länge der Augenaxe schematische Werthe nimmt, sondern berechnet man auch die letzteren sehr annähernd in unserer Weise, dann darf man nicht vergessen, dass die gleiche Axenlänge bei Augen sehr verschiedener Refraction vorkommen kann. Wir haben dies früher schon generaliter hervorgehoben; aus unseren Tabellen wollen wir uns

ein paar specielle Fälle herausholen. Das emmetropische Auge 17 (Tab. XIII) hat eine Axenlänge von 26·45, das mit $M\frac{1}{4\cdot5}$ behaftete Auge 29 (Tab. XV) hat nahezu dieselbe Länge: 26·74 $M^{m\cdot}$ In diesem letzteren, dem hochgradig myopischen Auge steht der Drehpunkt nur 9·87, im emmetropischen dagegen 13·21 $M^{m\cdot}$ vor der Hinterfläche der Sklerotica. Allerdings bekämen wir andere Resultate, wenn wir die Länge der beiden Augen, von denen das emmetropische einen Hornhautradius von 8·33 $M^{m\cdot}$, das myopische dagegen einen beinahe um Einen Millimeter kleineren hat, nach dem Schema berechneten. Vergleichen wir andererseits das emmetropische Auge 1 (Tab. XIII), dessen Axenlänge = 23·47 $M^{m\cdot}$, mit dem $H\frac{1}{4\cdot5}$ darbietenden rechten Auge 17 (Tab. XIV), dessen Axenlänge mit 23·52 $M^{m\cdot}$ berechnet wurde, dann stellt sich heraus, dass das hochgradige hypermetropische Auge länger ist als das emmetropische — leicht begreiflich, da der Hornhautradius des emmetropischen Auges 7, der des hypermetropischen 8·27 $M^{m\cdot}$ beträgt. Der Drehpunkt steht im emmetropischen Auge 11·86, im hypermetropischen 11·29 $M^{m\cdot}$, im ersteren also weiter von der hinteren Fläche der Sklerotica ab. Wenn wir das schematische Auge für beide Fälle zu Grunde gelegt hätten, würden auch wieder andere Resultate herauskommen.

Noch Eines! Je weiter der Drehpunkt hinter der Mitte der Augenaxe gelegen ist, desto günstiger gestalten sich die Verhältnisse für die seitlichen Bewegungen des Auges, denn einer gleichen Excursion der Blicklinie im Raume entspricht dann eine um so kleinere Excursion des hinteren Augenpols im Raume. Die günstige Lage des Drehpunktes, wie wir sie bei Myopie fanden, contrabalancirt also in gewissem Masse das Hinderniss, das sich in Folge der Zunahme der absoluten Axenlänge entwickelt. Donders, der für myopische Augen auch in Betreff der Lage des Drehpunktes auf der Augenaxe ungünstige Verhältnisse fand, fand die Beschränkung der Beweglichkeit „bei Myopen so allgemein, dass von 17 Augen 9 sich nicht hinreichend weit drehen konnten, um bei Bestimmung des Drehpunktes unsere (Donders' und Doyer's) Methode, welche eine Excursion von nicht mehr als 28° nach innen und nach aussen verlangt, unverändert zur Anwendung zu bringen." Da muss zunächst bemerkt werden, dass es zwar ganz richtig ist, dass bei Emmetropie der Winkel *aob* ungefähr $2 \times 28 = 56°$ beträgt, dass aber bei Myopie und namentlich bei hochgradiger Myopie dieser Winkel wesentlich kleiner ist. In Folge dieser Kleinheit des Winkels

aob ergibt sich ja, da der Hornhautdurchmesser nicht essentiell variirt, der grössere Abstand des Drehpunktes von der Hornhaut. Es muss in der That als ein besonderer Zufall angesehen werden, wenn unter 17 Myopen mehr als die Hälfte nicht einmal die für die Donders'sche Methode nöthige Lateralbewegung aufbringen konnte. Sowie mir selbst kein myopisches Auge vorkam, das nicht dem Postulate der Donders'schen Methode hätte entsprechen können, so stimmen auch die Befunde Donders' mit jenen seines Schülers Schuurman nicht überein. Wir haben diese Werthe schon früher [1]) kennen gelernt. Wir wollen hier nur hervorheben, dass Schuurman bei einer $M\frac{1}{2\cdot5}$ einmal eine Lateralexcursion des Auges von 111, sage einhundert und eilf Graden fand, während sich uns für ein Auge mit solcher Myopie (Tab. XV, 35 l.) ein Winkel aob von nur 44° ergab. Wir wollen hervorheben, dass die geringste Excursion [2]), die Schuurman sah, ein Individuum betraf, dessen ein Auge $M\frac{1}{3\cdot5}$ das andere Emmetropie zeigte. Die Lateralexcursion des ersteren Auges betrug 53°, die des letzteren 57°. Es ist nun sehr wohl möglich, dass der Winkel von 57° zu klein ist, um die Donders'sche Methode für dieses emmetropische Auge unmittelbar in Anwendung zu bringen, aber der Winkel von 53° ist sicher gross genug, um sie in dem hochgradig myopischen Auge zu benützen.

Woinow berichtet [3]) über die Resultate, welche Chodin bei der Untersuchung der Lage des Drehpunktes in Augen verschiedener Refraction erhalten hat, wie folgt: Bei Myopie liegt der Drehpunkt weiter von der Hornhaut entfernt, als bei Emmetropie und Hypermetropie; der in Rede stehende Abstand ist am grössten in Augen mit langer Axe; die Brechkraft des dioptrischen Systems des Auges kat keinen Einfluss auf die Lage des Drehpunktes. Ueber den wichtigsten Punkt, die Lage des Drehpunktes relativ zur Mitte der Augenaxe ist nichts berichtet.

Nachdem wir durch Erörterung der Lage des Drehpunktes hinter der Hornhaut die Lage des Scheitels des Winkels γ kennen gelernt haben, wollen wir zunächst das gegenseitige Verhältniss der Winkel α

---

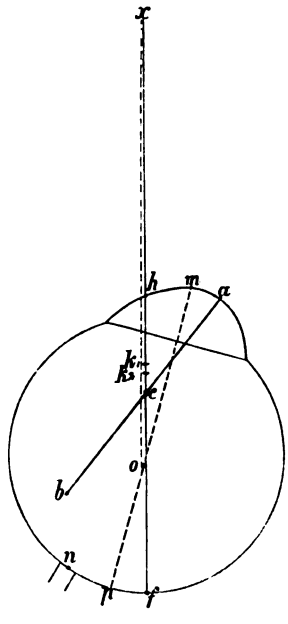
[1]) pag. 543.

[2]) S. pag. 544.

[3]) Annales d'oculistique 1874, Tom. 71, pag. 145.

und γ zu einander durch eine Zeichnung (Fig. 75) verdeutlichen, in welcher die Grössenverhältnisse, um der Deutlichkeit nicht Eintrag zu thun, nicht einem wirklichen Falle entnommen sind. Die beiden ausgezogenen Linien xf und ab sind die Schenkel des Winkels $\alpha = xca$. xf ist die Gesichtslinie, f demnach die Fovea centralis; ab ist die grosse Axe des entsprechenden elliptischen Hornhautdurchschnittes. Es ist ganz klar — und war es früher nicht klar, so hatte Woinow ganz Recht darauf hinzuweisen — dass der Scheitelpunkt c des Winkels α mit den Knotenpunkten des Auges gar nichts gemein hat, denn c ist nichts anderes als der Durchschnittspunkt des in h (dem Hornhautpunkte der Gesichtslinie) errichteten Radius (welcher mit der Richtung der Gesichtslinie zusammenfallend angenommen wird) mit der grossen Axe ab der betreffenden Hornhautellipse. Wo auf der Gesichtslinie xf die Knotenpunkte liegen, das kommt für die Lage des Scheitelpunktes c gar nicht in Betracht; und es ist einleuchtend, dass wenn ich dem Auge die Linse entnehme, und so die beiden Knotenpunkte in Einen, weiter nach rückwärts gelegenen Punkt fallen, oder wenn das Auge accommodirt und so die Knotenpunkte vorrücken, $\sphericalangle \alpha$ stets derselbe bleibt, solange als die Gesichtslinie durch den Hornhautpunkt h geht. Für allgemeine Betrachtungen mag man immerhin den Scheitelpunkt des Winkels α in einen nahegelegenen wohl charakterisirten Punkt, den (vereinigten) Knotenpunkt legen, wiewohl er im linsenbesitzenden Auge thatsächlich etwas dahinter gelegen ist.

Fig. 75.



Die beiden Schenkel des Winkels γ sind durch die punktirten Linien xo und mo gegeben, sein Scheitel liegt im Drehpunkte o des Auges, der eine Schenkel xo ist die Blicklinie, der andere mo die Hornhautmittenlinie, welche bis zum hinteren Pol des Auges verlängert als Augenaxe (mp) anzusprechen ist. Wir lassen den Drehpunkt o auf der Hornhautmittenlinie liegen, weil es wahrscheinlicher, wenn auch nicht erwiesen ist, dass er im Centrum eines auf der Augenaxe senkrechten (frontalen) Scleraldurchschnittes liege, als dass er ausserhalb des Centrums *auf* der Gesichtslinie asymmetrisch gelegen sei. Die Winkel α und γ

haben weder den Scheitel, noch auch einen Schenkel gemeinschaftlich. Das kann aber nicht hindern, dass wir zur Bestimmung ihres Grössenunterschiedes in praxi ihre Werthe einfach subtrahiren, denn eine Correction des dadurch entstehenden Fehlers wäre desshalb unwissenschaftlich, weil es unwissenschaftlich ist, in einer Rechnung einen Fehler zu corrigiren, wenn die zu Grunde liegenden Werthe um das Zehn- und Mehrfache dieses Fehlers gefehlt sind und wir dieselben nicht corrigiren können — ich meine darunter die bei Bestimmung von α und γ unvermeidlichen Fehler. Ich will gleich bemerken, dass wir, wiewohl auch das theoretisch nicht vollkommen richtig ist, auch den Bogenabstand pf, den Abstand der Fovea vom hinteren Pol des Auges durch den Winkel γ ausdrücken, ebenso wie bei dem Bogenabstand nf (Abstand des Centrums des blinden Fleckes von der Fovea) nicht beachtet wird, dass der Scheitel des entsprechenden Winkels im zweiten Knotenpunkt liegt, wie ja dieser Umstand schon bei der perimetrischen Bestimmung des Bogens nf nicht beachtet wurde.

In Betreff der Winkel α und γ haben wir noch die Frage zu stellen, in wiefern die bei Ametropie vorkommenden Grössen dieser Winkel von dem Bau des Auges und von dem Abstande der Fovea vom blinden Flecke abhängen, und in Betreff des Winkels γ (der Winkel α betheiligt sich an dieser Frage nicht) ist nachzusehen, welcher Einfluss von Seite dieses Winkels auf das Zustandekommen des scheinbaren und wirklichen Strabismus geübt wird.

Abgesehen von dem merkwürdigen Antagonismus, der zwischen den beiden Winkeln jedes Auges herrscht, sind die Winkel bei Hypermetropie grösser, bei Myopie kleiner, als bei Emmetropie. Für die Grösse des Winkels α bei Hypermetropie findet Donders einen doppelten Grund. Falls der Abstand der Fovea von dem hinteren Pol des Auges, falls also pf denselben linearen Werth im kurzen Auge, wie im normal langen hat, so wird α (d. i. unser Winkel γ) schon aus diesem Grunde grösser. Um so grösser wird der Winkel, wenn f im hypermetropischen Auge noch weiter von p absteht, als bei Emmetropie. Beide Ursachen lässt Donders zu, die erstere ist aber nicht zutreffend. Wenn im hypermetropischen Auge aus dem Grunde, dass die linearen Abstände der einzelnen Punkte im Augengrunde dieselben wie bei Emmetropie sind, eine bei unseren Messungsmethoden nachweisbare Vergrösserung der Winkelabstände hervortreten würde, dann müsste nicht blos *arc. pf*, sondern auch *arc. nf* grösser werden. Das letztere ist aber nach unseren Erfahrungen nicht richtig. Der Abstand des blinden Fleckes von der Fovea ist bei Hypermetropie in Perimetergraden

nicht grösser als bei Emmetropie, ja kann bei hochgradiger Hypermetropie besonders klein werden, während $\sphericalangle \gamma$ besonders gross ist. Die Grösse des Winkels γ ist von dem Abstande der Fovea vom blinden Fleck ganz unabhängig. Die Anomalie bei Hypermetropie besteht darin, dass die Fovea auffallend weit vom hinteren Pol des Auges entfernt ist, während der Sehnerv n sich diesem Pole in auffallender Weise nähert, so dass sogar Fälle vorkommen, in welchen der äussere Rand des Sehnervenquerschnittes den hinteren Augenpol nahezu erreicht. Wenn bei $H^1/_{5\cdot33}$ (Tab. VIII, Fall 18) $\gamma = + 9\cdot5^0$, *arc. nf* (Tab. VI, b. Fall 3. pag. 529.) $= 15^0$, dann steht das Centrum des Sehnerven $5\cdot5^0$, sein äusserer Rand nur noch $2\cdot5^0$ vom Augenpol ab; und wenn bei $H^1/_7$ (Tab. VIII, Fall 16) $\gamma = + 8^0$, *arc. nf* (Tab. VI. 6. Fall 2) $= 12\cdot5^0$, dann ist n nur noch $4\cdot5^0$ von p und der äussere Sehnervenrand nur $1\cdot5^0$ vom hinteren Augenpol entfernt.

Die Kleinheit des Winkels γ, sein Null- und Negativwerden bei Myopie soll den Grund in der Dehnung des hinteren Augapfelabschnittes haben. Ich muss gestehen, dass ich mir die Sache so einfach nicht recht vorstellen kann. Wenn die Netzhaut gleichmässig mit der Ader- und Lederhaut im hinteren Pole gedehnt würde, dann müsste doch f immer nach aussen von p liegen bleiben. Es würde zwar, wenn der hintere Augapfelabschnitt eine stark ellipsoidische Gestalt annimmt, Winkel γ kleiner werden, wie ja auch $\sphericalangle n k_2 f$ kleiner wird, aber f könnte nie nach p oder gar zwischen p und n zu liegen kommen. Von einer eigenthümlichen Ausdehnung des vom Pol nach aussen gelegenen Augapfelabschnittes allein sehen wir ja nichts, wir sehen im Gegentheile die stärkste Dehnung des Auges zwischen Sehnerven und hinterem Pol, also nach innen vom hinteren Pol im Bilde des Conus sich aussprechen. Das Kleiner-, Null- und Negativwerden des Winkels γ hat offenbar in dem schon früher erwähnten Verhalten der Macula seinen Grund. Die Netzhaut dehnt sich im hinteren Pol nicht wie die Sclerotica. Die Macula wird vielmehr gegen die fixe Stelle des Sehnerveneintrittes gleichsam hingezogen, dadurch muss nothwendig $\sphericalangle \gamma$ kleiner, er kann auch Null oder negativ werden. Die Netzhaut über dem Conus wird dabei um so weniger gedehnt werden, je mehr die Macula verschoben wird. Umgekehrt wird bei grossem Conus, über dem die Netzhaut stark gedehnt und der Lichtempfindung verlustig geworden ist, muthmasslich eine geringe Verschiebung der Macula gegen den Sehnerven stattgefunden haben. Ich möchte darauf hinweisen, dass bei dem grössten Abstande (20^0) des inneren Randes des Sehnerven vom blinden Fleck und bei der grössten Ausdehnung dieses letzteren (18^0) (s. Tab. VI. a., Fall 17.

l. Auge, pag. 528) der Winkel γ trotz $M^1/_{2\cdot5} + 6^0$ betrug (s. Tab. IX, Fall 35, pag. 614). Ein eigenthümliches Bewandtniss hat es mit dem Winkel α bei Myopie [1]). Dessen besondere Kleinheit sowie dessen negative Werthe lassen sich nicht auf die für den Winkel γ geltenden Verhältnisse zurückführen. Es kann kein Zweifel bestehen, dass die Verlängerung des Bulbus bei Myopie auf den Bau der Hornhaut verändernd wirkt, so dass die Axe des horizontalen Hornhautdurchschnittes mehr in die Mitte desselben verlegt wird.

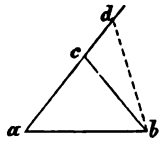
Was die Abhängigkeit des scheinbaren und wirklichen Strabismus von ∢ γ anlangt, so haben wir schon früher bemerkt [2]), dass wenn, wie Donders und Woinow angeben, die Winkel γ an beiden Augen gleich wären, die grossen Winkel bei Hypermetropie ebensowenig wie die kleinen bei Myopie Strabismus vortäuschen könnten, weil wir ja doch von „Schielen" gewöhnlich nur dann sprechen, wenn Ein Auge fehlerhaft steht oder fehlerhaft zu stehen scheint. Es hat sich uns herausgestellt, dass die beiden Winkel γ fast bei allen nicht schielenden Individuen ungleich gross sind, und dass ∢ γ des rechten Auges grösser als links ist.

Da wir die richtige Stellung der Augen aus der symmetrischen Lage der beiden Hornhautmitten erschliessen, so ergibt sich, dass fast alle nicht schielenden Individuen scheinbaren Strabismus darbieten, weil wegen Ungleichheit der Winkel γ die Hornhautmitte eines Auges weiter nach aussen liegt, als die des andern. Damit der Eindruck des scheinbaren Strabismus wirklich entstehe, muss begreiflicher Weise die Differenz der beiden Winkel eine bestimmte Grösse erreichen. Der aufmerksame Beobachter lernt die ungleiche Stellung beider Augen erkennen, sobald die Winkeldifferenz 3⁰ beträgt, was einer linearen Abweichung von circa $^2/_3$ M^m. entspricht und zwar wird in der Regel der Eindruck gewonnen, als ob das Auge mit dem kleineren Winkel γ (also gewöhnlich das linke) das richtig stehende sei, das rechte also etwas nach aussen schiele. Manchmal verhält sich die Sache auch verkehrt. Das eclatanteste Beispiel der letzteren Art habe ich Ihnen, meine Herren, in dem 10jährigen Josef Brem mit c. $M^1/_4$ (s. Tab. IX, Fall 27, pag. 612) vorgeführt. Das linke Auge schien deutlich nach innen zu schielen, doch überzeugte man sich, indem man bald das eine bald das andere Auge während der Fixation eines in der Medianlinie der Blickebene gelegenen Objectes verdeckte, mit Leichtigkeit, dass jedes Auge seine Stellung beibehielt, also jederseits auf der Fovea das Objectbild ent-

[1]) S. pag. 618. — [2]) S. pag. 565.

worfen wurde. Die Messung der Winkel gab Aufklärung über den scheinbaren Strabismus, denn γ war rechts $+ 3^0$, links $- 5^0$. Es wäre im höchsten Grade erstaunlich, falls dieser scheinbare Strabismus, den man bei einer grossen Anzahl nicht schielender Individuen jeglicher Refraction schon mit freiem Auge constatiren kann, bisher gänzlich übersehen worden wäre. Dem ist aber nicht so. Ein feiner Beobachter hat schon vor einem halben Jahrhunderte diesen Strabismus vollkommen richtig erkannt, beschrieben, und soweit es damals möglich war, auch definirt. Der scheinbare Strabismus, den wir eben geschildert haben, ist nichts anderes als der Strabismus incongruus Johannes Müller's [1]), mit welchem die Späteren nichts Rechtes anzufangen wussten. „Diese Art des Schielens", sagt J. Müller, „ist nicht selten, aber in der Regel nur gering, so dass sie...wenig auffällt". „Die Art des Schielens, welche ich meine, ist angeboren und unheilbar; sie beruht auf einem Unterschiede in der Lage der identischen Stellen der Netzhäute beider Augen; so dass sie zwar vollkommen subjectiv eins sind. das Identische aber in beiden Augen anderen Meridianen angehört, dass z. B. der Mittelpunkt der Netzhaut in dem einen Auge einer identischen Stelle des anderen Auges entspricht, welche vom Mittelpunkte des Auges selbst entfernt ist — und derselbe Unterschied des Raumes tritt zwischen allen anderen identischen Stellen ein." J. Müller unterscheidet bei dieser Gelegenheit auch schon vollkommen richtig zwischen Augenaxe und Sehaxe (welch' letztere man mit Helmholtz jetzt Gesichtslinie nennt). „ad sei (s. Fig. 76) die Sehaxe und Augenaxe des gesunden Auges" — Müller lässt am scheinbar richtig stehenden Auge Gesichtslinie und Augenaxe zusammenfallen, was factisch nur dann der Fall ist, wenn $\sphericalangle \gamma = 0$ — „bc die Sehaxe des schielenden Auges. bd die Augenaxe desselben, c der Gegenstand der Fixation."

Fig. 76.



Es ist ein scheinbarer Strabismus divergens, welchen Müller zeichnet; in der That macht ja dieser Strabismus in der Regel den Eindruck des divergirenden Schielens. Wenn wir vom hinteren Pol des Auges, dem Ende p der Hornhautmittenlinie mp (Fig. 75) ausgehen, handelt es sich wirklich um eine Incongruenz der Netzhäute. Im Vergleiche zu diesem Punkte ist die Fovea und jeder andere Netzhautpunkt in beiden Augen asymmetrisch gelagert. Aber der hintere Pol des Auges ist kein ausgezeichneter Punkt der Netzhaut. Die Incongruenz der Netzhäute ist doch nur eine scheinbare, weil trotzdem die Winkel

[1]) Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes. 1826. pag. 230.

γ zumeist ungleich sind, doch die ausgezeichneten Punkte der Netzhaut in jedem Auge den gleichen Abstand von einander haben, „derselbe Unterschied des Raumes (wie bei der Fovea) zwischen allen anderen identischen Stellen eintritt." Um also die wahre Incongruenz der Netzhäute von der scheinbaren zu unterscheiden, muss man den Abstand zweier ausgezeichneter Punkte der Netzhaut in jedem Auge bestimmen. Es fällt nicht schwer, zu errathen, dass diese beiden Punkte durch die Fovea centralis und das Centrum, respective den inneren Rand des Sehnerven gegeben sind — und in dieser Beziehung ist uns das Resultat bekannt, dass der Abstand des gelben und blinden Fleckes in beiden Augen zumeist derselbe ist. Die Ungleichheit der Winkel γ an beiden Augen bedeutet also in der Regel nur scheinbare, nicht wirkliche Incongruenz der Netzhäute. Die letztere, die wirkliche Incongruenz kommt bisweilen in Augen gleicher, häufiger in solchen ungleicher Refraction in gewissem geringen Grade vor, aber bei jenem Zustande, den man gewöhnlich Incongruenz der Netzhäute nennt, handelt es sich um eine hochgradige Lageabweichung der Stelle des deutlichsten Sehens in Einem Auge. Die Stelle des deutlichsten Sehens ist da in der Regel überhaupt gar nicht mehr an der äusseren, sondern sie ist an der inneren Seite der Sehnerven gelegen und bei der Bestimmung des blinden Fleckes ergibt sich demnach das frappante Resultat, dass derselbe nicht nach aussen, sondern nach innen vom Fixationspunkte sich findet. Auf die Fälle der hochgradigen wahren Incongruenz kann übrigens hier nicht näher eingegangen werden — das würde an dieser Stelle zu weit führen. Es muss nur noch bemerkt werden, dass die Thatsache der Ungleichheit der Winkel γ an beiden Augen eine andere Thatsache involvirt, die nämlich, dass das Muskelsystem beider Augen sich in Folge der scheinbaren Incongruenz der Netzhäute nicht ganz gleichmässig entwickeln kann. Allerdings könnten im Dienste des Einfachsehens jene Innervationsverhältnisse eintreten, in Folge deren wir auch durch adducirende und abducirende Prismen gewisser Stärke einfach sehen, allein dann müsste man bei Ungleichheit der Winkel γ erwarten, dass wenn beim Blick in die Ferne durch ein verticalbrechendes Prisma das Einfachsehen aufgehoben wird, die Doppelbilder ausser der Höhendistanz auch eine Lateraldistanz zeigen — ein Verhalten, das nicht nachweisbar ist, so dass jedenfalls die im Dienste des Einfachsehens vorgenommenen Muskelcontractionen zu einer gewissen Ungleichheit in der Länge gleich benannter lateraler Muskeln geführt haben.

In Betreff des Thatsächlichen, das sich aus den Tabellen über das Verhalten der Winkel γ bei wirklichem Strabismus ergibt,

können wir nach allem früher Gesagten uns kurz fassen. Was die Grösse der Winkel γ im Allgemeinen bei hypermetropischem Strabismus conv. anlangt, so geht aus den wenigen (8) Fällen der Tab. VIII nicht gerade deutlich die besondere Grösse dieses Winkels hervor, wenn man mit den einzelnen Fällen solche vergleicht, in denen die Hypermetropie dieselbe oder ungefähr dieselbe, aber kein Strabismus vorhanden ist. Was die Ungleichheit der Winkel γ anlangt, so sei zunächst des Falles von Strabismus conv. gedacht, der in die Tabelle VII (der Emmetropie) sub 4 aufgenommen ist. An beiden Augen ist Emmetropie und trotz des monolateralen rechtsseitigen Strabismus die Sehschärfe an beiden Augen gleich und normal. Ein Grund für den Strabismus ist nicht aufzufinden oder ist vielleicht der grosse Winkel γ des rechten Auges, der 8^0 beträgt und um 4^0 grösser als am linken Auge ist, daran Schuld? Könnte eine solche Differenz der beiden Winkel Strabismus erzeugen, dann würde ein nicht unbeträchtlicher Theil von Emmetropen schielen; auf Tab. VII findet sich in specie ein Fall (8) in welchem die Differenz der beiden Winkel 5^0 beträgt, aber Strabismus ist nicht vorhanden. Eigenthümlich ist das Verhalten der beiden Winkel bei schielenden Hypermetropen (Tab. VIII). Während bei den nicht Schielenden die Winkel γ durchgehends ungleich sind, sind sie in 3 Fällen von Strabismus (in 2 Fällen von Strab. conv. sub 5 und 7, sowie in 1 Fall von Strab. div. sub 26) gleich gross, und da wo sie ungleich sind (Fall 10, 11, 15, 19, 20, 25) ist viermal (10, 11, 15, 20) am schielenden Auge der kleinere Winkel γ. Das ist für die Fälle 10, 11, 20 insofern nicht merkwürdig, als Winkel γ am rechten Auge überhaupt fast immer grösser ist und es sich um Strabismus des linken Auges handelt. Aber auffallend ist, dass in einem Falle (15) mit Strab. conv. des rechten Auges der Winkel γ dieses Auges ganz entschieden kleiner war, als am nicht schielenden linken Auge. Wenn man aus diesen wenigen Fällen Schlüsse ziehen wollte, zu welchen Resultaten würde man da kommen! Aber soviel ist uns aus diesen Befunden zu schliessen erlaubt, dass weder die Grösse noch die Ungleichheit der Winkel γ mit der Entstehung von wirklichem Strabismus etwas zu thun hat.

Dreiundzwanzigste Vorlesung.

Behandlung der Hypermetropie und Myopie. Anisometropie.

Meine Herren! Von der Behandlung der Hypermetropie, insoferne sie Ursache der Asthenopie wird, haben wir bereits früher gesprochen. Es sind desshalb, da die ganze Behandlung der Hypermetropie doch nur darin besteht, dass wir den optischen Fehler durch zweckmässige Gläser unschädlich machen, nur noch jene Fragen zu beantworten, welche in Betreff der Correction der Hypermetropie in jenen Fällen und unter jenen Umständen, in welchen asthenopische Erscheinungen nicht hervortreten, aufgeworfen werden können.

Was die Correction beim Sehen in die Nähe anlangt, so haben wir hier jene hochgradigen Hypermetropen zu nennen, welche nicht die Erscheinungen der Asthenopie, sondern jene hochgradiger Myopie (und Amblyopie) darbieten. Man wird bei der Correction in der gleichen Weise vorgehen, in welcher man gegen Asthenopie einschreitet. Man wird solchen Hypermetropen die stärksten Convexgläser geben, mit welchen sie in der Distanz ihrer Nahebeschäftigung am besten sehen. Indem die Convexgläser das Zustandekommen deutlicher Bilder auf der Netzhaut bewirken, wird das Auskunftsmittel der starken Annäherung der Objecte unnöthig. Wäre die Sehschärfe solcher Augen normal, so müsste, falls ohne Glas z. B. nur Nr. 5 Jäger auf 3" Abstand gelesen würde, mit dem passenden Convexglase Nr. 1 Jäger auf 12 und mehr Zoll gelesen werden. Weil aber die Sehschärfe solcher hochgradiger Hypermetropen fast ansnahmslos leidet und häufig tief unter dem normalen Minimum steht, so wird die Hinausrückung der Nahearbeit, falls diese nur einige Ansprüche an die Sehschärfe stellt, eben nur dem Grade der Sehschärfe entsprechend möglich sein. In Folge dessen werden stärkere Convexgläser nöthig werden, als sie es wären, falls in der Normaldistanz gearbeitet werden könnte, da wir uns ja nicht schmeicheln können die totale Hypermetropie zu corrigiren, in welchem Falle allerdings bei jugendlichen Individuen und normalem Accommodationsvermögen dieselben Gläser für 14" wie z. B. für 8 oder 7" Abstand in Verwendung kommen würden.

Was die Verwendung von Brillen für die Ferne bei Hypermetropie anlangt, so muss unterschieden werden, von welcher Art die Hypermetropie im gegebenen Momente ist. Besteht facultative Hypermetropie, so wird, falls ein Theil derselben manifest, ohne Glas so gut wie mit

Glas in die Ferne gesehen, und ohne Glas besser als mit einem Glase, solange der Fehler latent ist. Es liegt unter solchen Umständen kein Grund vor, Gläser für die Ferne zu geben. Wiewohl bisweilen beim andauernden Blick in die Ferne Ermüdungserscheinungen von solchen Hypermetropen beobachtet werden, so entwickelt sich doch kein wirkliches asthenopisches Uebel, das zu seiner Beseitigung Correction des manifesten Theiles der Hypermetropie erfordern würde. Dagegen kommt es allerdings häufig vor, dass Hypermetropen ausgezeichnet in die Ferne zu sehen behaupten, während sich bei der Untersuchung ergibt, dass die Sehschärfe mit schwachen Convexgläsern von $^{20}/_{40}$ oder $^{20}/_{30}$ auf $^{20}/_{20}$ und mehr gehoben wird. Auch in diesem Falle, in welchem natürlich die Hypermetropie nicht mehr facultativ ist, ist übrigens die Correction der Hypermetropie nicht nothwendig, da ja doch die Betreffenden mit ihrer Sehschärfe zufrieden sind. Nur kann man ihnen, falls sie in Folge der Erkenntniss der Möglichkeit einer Hebung ihrer Sehschärfe es verlangen, Lorgnetten für die Ferne bewilligen. Solchen jedoch, welchen die Fernsehschärfe nie gross genug sein kann, wie Schützen und Jägern wird man, wenn sie in die in Rede stehende Kategorie gehören, für die Dauer ihrer Beschäftigung das Tragen von Brillen anrathen, da doch schon Convex $^1/_{60}$ die Sehschärfe sehr deutlich zu heben vermag. Ist die nichtfacultative Hypermetropie höheren Grades, dann wird sie mit einem bedeutenden Ausfalle von Sehschärfe für die Ferne einhergehen und eine Verbesserung des Sehvermögens durch Gläser wird im Allgemeinen angezeigt erscheinen. Diese Schlechtsichtigkeit wird je nach dem Grade der Hypermetropie in verschiedenem Alter hervortreten, bei den höchsten Graden schon im Kindesalter, wenn *Hm* schon im Kindesalter einen beträchtlichen Grad erreicht hat, was aber durchaus nicht immer der Fall zu sein braucht [1]), aber auch bei den niedersten wird der Ausfall am Fernsehvermögen seinerzeit nicht ausbleiben. wie ja endlich gegen das 60. Jahr hin häufig auch solche Augen, welche für originär hypermetropisch zu halten man keinen festen Anhaltspunkt hat, die also für emmetropisch gelten, wegen der sich entwickelnden Hypermetropie, die keine Bedeckung findet, schlechter in die Entfernung zu sehen beginnen. Wenn Kinder schlecht in die Ferne sehen, wird man zunächst an optische Fehler denken, eine fehlerhafte Diagnose wird da, wenn es sich wirklich um einen optischen Fehler handelt, kaum möglich sein. Wenn erwachsene Individuen jenseits der 20 Jahre darüber klagen, dass sie anfangen, schlechter in die Ferne zu sehen, so

[1]) S. pag. 267, 377.

wird man, da in diesem Alter beginnende Myopie nur äusserst selten beobachtet wird, ausser an Amblyopie, die sich aus irgend einem Grunde entwickelt haben kann, an nichtfacultativ werdende Hypermetropie denken und wird begreiflicher Weise vermuthen müssen, dass man in letzterer Hinsicht auf der richtigen Fährte sich befinde, falls der Betreffende gleichzeitig an Asthenopie leidet, oder gar schon Convexgläser für die Arbeit trägt. Kommen Individuen in den 30er oder 40er Jahren, die nicht lesen können und sich überhaupt nie mit Nahearbeit beschäftigt haben, mit der Klage, dass sie schon seit vielen Jahren in Nah' und Fern schlecht sehen sowie dass das Sehen immer schlechter und schlechter werde und beschweren sie sich, wie dies bisweilen vorkommt, auch noch über hemeralopische Erscheinungen [1]), so kann dies Alles gleichfalls durch Hypermetropie bedingt sein; und möge man, da es sich in solchen Fällen um höhergradige Hypermetropie handelt, auf der Hut sein, dass man nicht aus dem Umstande, dass bei der Prüfung mit schwachen Convexgläsern keine wahrnehmbare Verbesserung von *S* erzielt wird, das Nichtvorhandensein von Hypermetropie erschliesse. Starke Convexgläser werden eine oft überraschende Hebung der Sehschärfe geben und damit den hohen Grad von Hypermetropie constatiren, falls dieser dem Untersucher nicht schon durch die Augenspiegelprüfung klar geworden. Endlich wird man, wenn um das 50. Jahr oder später die Klage über beginnendes Schlechtsehen in die Ferne gehört wird, daran denken, dass ganz geringe originäre, respective erworbene Hypermetropie sich geltend mache. Solche Augen, selbst mit der geringen Anomalie, sehen trotz der günstigeren optischen Bedingungen [2]) immer auffallend schlecht in die Ferne, viel schlechter als ein regulärer Myope desselben Grades und desselben Alters, aus dem Grunde, weil sie nicht, wie der Letztere mit Zerstreuungskreisen in die Ferne zu sehen gewohnt sind, doch trifft allerdings dieselbe Erscheinung auch für den Myopen zu, wenn einmal in späteren Jahren sich ausnahmsweise Myopie entwickelt [3]).

Was die Art der Verordnung von Ferngläsern bei nichtfacultativen Hypermetropen anlangt, so bedenke man, dass es hinsichtlich der Folgen, welche das Brillentragen nach sich ziehen wird, nicht gleichgiltig ist, ob man hierbei blos Hm_1, das ist den durch Accommodation nicht bedeckbaren Theil von Hm, oder aber ob man die ganze Hm, also $Hm_1 + Hm_2$ [4]) corrigirt. Für die Sehschärfe ist es gleichgiltig, ob man in der einen oder anderen Weise vorgeht, aber für einen

[1]) S. pag. 153. — [2]) S. pag. 152. — [3]) S. pag. 262. — [4]) S. pag. 270.

anderen Umstand nicht. Corrigirt man die ganze manifeste Hypermetropie, also nicht blos den durch Accommodation nicht deckbaren, sondern auch den durch dieselbe deckbaren Theil, dann werden die Augen bei ununterbrochenem Tragen der Brillen mehr oder weniger rasch lernen, mit parallelen Gesichtslinien weniger zu accommodiren. Will ein solcher Hypermetrope nach einiger Zeit ohne Brillen in die Ferne sehen, so bemerkt er eine bedeutende Abnahme seines Sehvermögens. Wir haben gehört [1]), dass derselbe Nachtheil für die Nähe auch aus dem Tragen der Brille für die Nähe entspringt, mussten aber diese Unannehmlichkeit mit in den Kauf nehmen. Da aber beim Sehen in die Ferne die Asthenopie gar nicht, sondern nur die Sehschärfe berücksichtigt zu werden braucht, so ergibt sich die Regel, dass wenn man nichtfacultativen Hypermetropen Brillen für die Ferne verordnet, man nur Hm_1 corrigire, d. h. das schwächste Glas gebe, mit welchem die grösste Sehschärfe erlangt wird. Unter diesem Glase wird der Hypermetrope fortfahren wie früher zu accommodiren, weil es ihm nur mit Zuhilfenahme der ihm zu Gebote stehenden und gewohnten Accommodation möglich wird, deutlich zu sehen; er wird andererseits beim Weglassen der Brille so viel wie früher sehen. Wenn Hm_1 in Folge der zunehmenden Jahre wächst, wird man die Fernbrille zu verstärken haben. Da es durchaus keinen Zweck hat, die Hypermetropie möglichst rasch in toto hervortreten zu machen, indem unsere Verordnungen nur dahin zu zielen haben, dass einerseits die asthenopischen Beschwerden schwinden, resp. das Sehen in der Nähe verbessert, andererseits auch der Fern-Sehschärfe nachgeholfen werde, aber nicht dahin zu zielen haben, dass dem Auge möglichst rasch die Fähigkeit, ohne Gläser in Nähe und Ferne relativ deutlich zu sehen, verloren gehe, so wäre es fehlerhaft die ganze manifeste Hypermetropie durch die Fernbrille zu corrigiren, ein Vorgang der allerdings geeignet sein würde, so rasch als möglich den latenten Theil von H in einen manifesten umzuwandeln. Da wo wir die asthenopischen Beschwerden nicht beheben können, weil gar keine Convexgläser wegen nicht nachlassender Contraction des Ciliarmuskels vertragen werden, wäre es freilich sehr erwünscht, möglichst viel manifeste Hypermetropie hervortreten zu machen, aber da kann man keine Ferngläser tragen lassen, weil die ganze Hypermetropie latent ist. Die allgemeine Regel in Betreff der für Nähe und Ferne bei Hypermetropie zu verordnenden Gläser lautet daher: Für die Nähe gebe man die **stärksten** Gläser, mit welchen in der Arbeitsweite die grösste

[1]) S. pag. 384.

Sehschärfe erzielt wird und die von den Augen vertragen werden, für die Ferne verordne man die **schwächsten** Gläser, mit welchen die grösste Sehschärfe erreicht wird. Dadurch ergibt sich von selbst das Entfallen der Ferngläser bei facultativer Hypermetropie.

In Betreff der Behandlung des Strabismus in Folge von Hypermetropie ist vor Allem hervorzuheben, dass das Schwergewicht auf die Prophylaxe zu legen ist. Sich auf die nachträgliche Operation zu vertrösten, wäre ein schwerer Fehler, denn die Operation vermag relativ wenig zu leisten. In manchen Fällen wird nicht einmal ein Effect erreicht, der sich kosmetisch zu nennen erkühnen dürfte, und selbst die nach „gelungenen" Operationen erzielten „guten" kosmetischen Effecte, wie sehen die oft aus! Ein wirklich vollkommen befriedigender, wenigstens den Operateur vollkommen befriedigender Effect muss sogar als Seltenheit betrachtet werden. Aber das wäre das wenigste. Die Hauptsache ist, dass die Operation den in Folge des ständigen Strabismus verloren gegangenen binoculären Sehact im Allgemeinen ebensowenig herstellt, als sie das so häufig unbrauchbar gewordene Sehvermögen des schielenden Auges herzustellen vermag. Uebrigens ist gerade bei wirklicher Heilung des Strabismus, d. i. bei Wiederherstellung des Binoculärsehens der kosmetische Effect, auf welchen es dem Schielenden am meisten ankommt, häufig sehr ungenügend. Um das Entstehen des ständigen Strabismus zu verhüten, muss man einschreiten, sobald bei Hypermetropie sich periodischer Strabismus zu entwickeln beginnt. Es ist klar, dass Convexgläser im Allgemeinen das wirksamste Mittel sein werden, um das periodische Schielen wieder zu beseitigen. Tritt das Schielen nur bei dem Betrachten naher Objecte auf, so gibt man Convexgläser blos für die Nahearbeit, Convexgläser, die man gerade so bestimmt, als wenn Hypermetropie ohne Strabismus periodicus da wäre. In solchen Fällen dürfen die Gläser nicht beständig, nicht auch für die Ferne getragen werden, wenngleich durch sie etwa nur die (ganze) manifeste Hypermetropie corrigirt, mithin mit denselben deutlich in die Entfernung gesehen wird. Ich habe unter solchen Umständen beobachtet, dass wenn die Individuen gegen die Verordnung die Gläser beständig trugen, schon nach 1 oder 2 Tagen beim Entfernen der Gläser auch beim Sehen in die Ferne Schielen auftrat, eine Thatsache, für die schon früher die Erklärung gegeben wurde[1]). Stellt sich bei jedem Sehact, also auch beim Blick in die Ferne Schielen ein, so gibt man auch Gläser für

[1]) S. pag. 555.

die Ferne, aber die schwächsten, unter denen das Schielen verschwindet. Es ist häufig nicht nothwendig, die ganze manifeste Hypermetropie hierbei zu corrigiren. Gläser für die Nähe behält ein solcher Hypermetrope sein Leben lang, er kann doch vor dem nicht schielenden Hypermetropen nicht noch etwas voraus haben. Die Ferngläser, falls solche nothwendig waren, können aber häufig nach kürzerer oder längerer Zeit entfernt werden, ohne dass sich wieder Schielen einstellt. Durch das Erhalten des binoculären Sehactes in der Nähe, durch Abnahme der Accommodationsbreite und daher ungenügenden Effect der Schielstellung auf Verbesserung des Sehvermögens und wahrscheinlich auch aus anderen nicht gehörig bekannten Ursachen hat der Hypermetrop das Strabismus-Kunststück verlernt. Erwähnt muss werden, dass es Fälle von periodischem Schielen gibt (und zwar, wie es scheint, sind es gerade jene, bei denen der Strabismus in die ständige Form überzugehen keine Neigung hat), bei welchen auch unter Convexgläsern geschielt wird, wiewohl dieses Schielen dann nicht mehr rationell ist. Auch nach der Tenotomie des betreffenden Internus und folgender Application der Gläser sah ich das periodische Schielen fortbestehen.

Die Convexgläsercur kann nur bei Individuen gewissen Alters angewendet werden, bei Kindern unter 6 Jahren wird sie selten möglich sein. Für so kleine Kinder wird zur Heilung des periodischen Schielens ein doppelter Vorgang empfohlen. Entweder man atropinisirt beide Augen (Green), wodurch die Convergenz keinen Nutzen mehr bringt, so dass die Kinder lieber durch Zusammenkneifen der Lider die Zerstreuungskreise verkleinern und sich so ihr Sehen zu verbessern versuchen. Oder man verschliesst ein Auge (Javal), ein Vorgang, der auch ohne dass man das sehende Auge mit einem Convexglase bewaffnet, die gute Folge hat, dass da nunmehr Doppelbilder nicht mehr geniren können, eine übergrosse Convergenz zum Zwecke der Eliminirung des Doppelbildes nicht mehr hervorgerufen zu werden braucht. Auch meint Javal, dass jedes excludirte Auge nach aussen abzulenken tendirt und so die Exclusion eines Auges in doppelter Weise dem Strabismus convergens entgegenwirkt. Zum Verschlusse des Auges verwendet man nach Javal eine hohle Halbkugel, gefertigt aus zwei concentrischen Schalen von feinem Eisendraht, zwischen denen ein Seidenpapier eingeschoben ist. Ist der periodische Strabismus alternirend, so wird die Zeit des abwechselnden Verschlusses auf beide Augen gleich vertheilt, beim monolateralen Schielen hingegen bleibt das schielende Auge durch mehr Stunden des Tages als das andere unverschlossen. Was die Dauer der zwei letztgenannten Heilmethoden anlangt, so wird nach Green

Atropin so lange eingeträufelt, als bei nachlassender Wirkung des Mydriaticum wieder Schielen hervortritt; die Atropincur kann daher viele Monate währen. Die Atropincur soll die Entwicklung von Strabismus im Allgemeinen so lange hinausschieben, bis Convexgläser verwendbar werden. Beim Javal'schen Verfahren darf es Einem auch auf ein paar Monate mehr oder weniger nicht ankommen, und sowie nach Entfernung der „Coque" (der Verschlussschale) sich wieder Schielen zeigt, muss dieselbe wieder angelegt werden. Auch die Coque soll eigentlich nur bis zu jener Zeit hinüberhelfen, in welcher Convexgläser auf dem Schauplatze erscheinen können. Dass man übrigens bei Kindern nicht Brillen anwenden will, hat namentlich darin seinen Grund, dass man nicht die Verantwortung für die schweren Verletzungen des Auges übernehmen mag, wenn das Kind beim Fallen oder sonst wie die Gläser zerbricht. Die grossartige Entdeckung des unzerbrechlichen Glases, von welcher die Kunde im Momente die civilisirte Welt durcheilt, wird es möglich machen, Brillen auch bei kleinen Kindern als etwas Unbedenkliches in Gebrauch zu bringen.

Was den ständigen Strabismus anlangt, so wird man in Folge der unzweifelhaften Thatsache, dass derselbe in späteren Jahren wieder verschwinden kann, mit dem operativen Eingriffe in den Fällen, in welchen die Sehschärfe des constant schielenden Auges nicht oder wenig herabgesetzt ist, sowie in allen Fällen von Strabismus alternans etwas zurückhaltender werden müssen, als dies bisher üblich ist. Es kann nicht mehr gerechtfertigt erscheinen, Strabismus ex Hypermetropia unter den letztgenannten Umständen etwa vor dem 18. Jahre zu operiren. Man wird sich bei monolateralem Schielen (bei alternirendem entfällt auch das) nur darauf beschränken, durch separate Uebung des schielenden Auges in der Art, dass man dasselbe dreimal des Tages durch eine halbe Stunde mit einem Convexglase Nahearbeit verrichten lässt, die Sehschärfe desselben bis zur Zeit der etwa nothwendig werdenden Operation zu erhalten. Die strabotischen Hypermetropen stattet man übrigens mit Convexgläsern, wie die nicht schielenden aus. Massgebend für die Nummer der Brille ist bei monolateralem Schielen die *H* des nicht schielenden Auges.

Von einem näheren Eingehen auf die Technik der Schiel-Operation kann in diesen Vorlesungen nicht die Rede sein. Die Wiederherstellung des binoculären Sehactes gelingt auch nach der Operation häufig nur durch eigene, besonders von Javal ausgebildete Methoden, Methoden, mit denen allein Javal auch ohne Operation ständigen Strabismus mit geringer Ablenkung zu heilen im Stande ist. Die Scheu,

das vaste Gebiet des Binoculärsehens in diesen Vorlesungen zu betreten, hält uns zurück, Näheres über diese Methode mitzutheilen [1]).

Nach glücklich vollführter Operation tragen die Convexgläser wesentlich dazu bei, den Erfolg zum dauernden zu machen. Besteht Tendenz zum Aussenschielen, so kann es zur Erreichung stärkerer Convergenz angezeigt sein, die Operirten durch einige Zeit ohne Gläser oder mit Gläsern, die für den Grad der Hypermetropie zu schwach sind, emsig arbeiten zu lassen.

Wenn wir zur Behandlung der Myopie übergehen, so kommt hierbei zunächst die Prophylaxis zu besprechen. Dieselbe sollte in jedem Falle sehr weit zurückgreifen. Da Myopie erblich ist, und bei Myopie beider Eltern die Kinder nur selten von dem Baufehler verschont bleiben, so wäre es Aufgabe des Arztes, Myopen, besonders hochgradige Myopen vor dem Eingehen der Ehe mit einer myopischen Hälfte zu warnen. Was bei Kreuzung von Myopen und Hypermetropen in Betreff der Augen der Kinder gilt, ist mir nicht bekannt, doch ist es in jedem Falle unwahrscheinlich, dass, wenn eines der Eltern ein gedehntes, das andere ein unvollkommenes Auge besitzt, daraus bei den Kindern das Ideal des Auges, das emmetropische, resultiren sollte, ein Resultat, das nicht merkwürdig wäre, falls Hypermetropie und Myopie einfache Loupenfehler darstellen würden. Hochgradige Myopen mögen sich desshalb eine emmetropische Lebensgefährtin wählen.

Da die Myopie nur ausnamsweise zur Welt gebracht wird, sich in der Regel in den ersten Lebensjahren entwickelt, so wird man bei Kindern, besonders jenen, deren Eltern myopisch sind oder einer Myopenfamilie angehören, alle jene Schädlichkeiten zu vermeiden trachten, welche als den Langbau befördernd angesehen werden. Schon Beer (1817), welcher die Ursache der Kurzsichtigkeit bereits am häufigsten „in einer nicht sowohl angeborenen, sondern erst erzeugten fehlerhaften Länge des Bulbus“ — freilich sollte nach Beer der Langbau durch die Einwirkung der beiden schiefen Augenmuskeln hervorgerufen werden — zu finden geglaubt hat, tadelt die üble Gewohnheit der „Kindswärterinnen,“ welche „kleinen Kindern, die eben zu spielen anfangen, das Spielzeug sehr nahe vor das Gesicht halten.“ In der That soll man schon, noch ehe der Unterricht beginnt, darauf Rücksicht nehmen, dass die Kinder nicht stundenlang sich mit Dingen beschäftigen, die sie nur ein paar Zoll von ihren Augen halten. Beim Schul-

[1]) S. Annales d'oculistique. 1871. Tome 66, pag. 5, 113.

unterricht ist vor Allem nöthig, darauf zu achten, dass nebst einem zweckmässigen Unterrichtsmateriale für eine genügende Beleuchtung und entsprechende „Subsellien" gesorgt werde.

Dass die Myopie mit den Schuljahren vorschreitet und in den höheren Classen sich mehr Myopen finden, als in den niederen, ist eine Thatsache, die am Ende Jedem von uns aus unserer Studienzeit bekannt ist. In den neueren Untersuchungen von Cohn, Erismann, Krüger, v. Hoffmann, Rothmund u. A. ist die Zunahme der Kurzsichtigen mit der Höhe der Schulclasse ziffermässig bestimmt und die Zunahme der Kurzsichtigkeit mit der Zahl der Schuljahre ebenfalls durch die nach Ablauf einer bestimmten Zeit (1 — 1½ Jahren) wiederholte Untersuchung derselben Schüler durch Maklakoff, Cohn, v. Reuss festgestellt worden. An der Myopie und der Progression der Myopie soll nun die Schule, namentlich in Folge der schlechten Beleuchtung der Schulzimmer und der Unzweckmässigkeit der Schultische und Bänke allein Schuld tragen. Wir fassen die Sache allerdings etwas anders auf. Wo keine Anlage zur Myopie besteht, vermögen auch die schlechtesten Schuleinrichtungen nicht Myopie zu erzeugen. Alle die Myopen wären auch myopisch geworden, und ihre Myopie hätte in den Entwicklungsjahren zugenommen, selbst wenn ein Lichtmeer — in des Wortes bester Bedeutung — die Schulzimmer durchflossen hätte, und wenn die Subsellien für jeden einzelnen Schüler speciell von einem denkenden Künstler ausgehauen worden wären. Aber gerade desshalb, weil die Entstehung der Myopie und das Fortschreiten derselben bis zu einem gewissen Grade in Augen mit angeborener Anlage unvermeidlich ist, und weil wir im Vorhinein nicht wissen können, welche Augen die Disposition zur Entwicklung des Langbaues in sich tragen — gerade desshalb ist es nothwendig, alle die Schädlichkeit des Nahesehens unnöthiger Weise steigernden Momente möglichst hintanzuhalten, daher geboten, in den Schulen für genügende Beleuchtung der Schulzimmer und für zweckmässige Subsellien Fürsorge zu treffen.

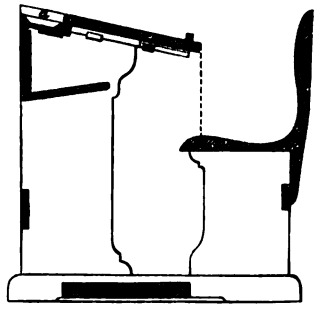
Was die Beleuchtung der Schulzimmer anlangt, sollen die Fenster zur Linken und hinter dem Schüler angebracht sein. Das Licht soll nicht von vorn, weil die Augen blendend, und auch nicht von rechts einfallen, weil von der schreibenden Hand der Schatten auf das Papier geworfen und so eine Herabsetzung der Beleuchtung künstlich erzeugt wird. Damit eine Classe gut beleuchtet sei, so dass man sagen könne, dass alle Schüler hinreichend Licht haben, ist es nach Cohn unerlässlich, dass auf 1 Quadratfuss Grundfläche mindestens 30 Quadratzoll Glas kommen.

Das Wichtigste in Betreff der Subsellien ist für den Augenarzt das, dass ein Abstand der Augen vom Tische von 14" bei ungezwungener Körperhaltung ermöglicht werde, und dass der Sitz hinlänglich nahe dem Tische gerückt sei. Die Hygiene hat sich in neuerer Zeit mit Vorliebe des Studiums über die zweckmässigste Einrichtung der Schulen im Allgemeinen und der Subsellien in specie bemächtigt, ja man kann sagen, die Sorge für zweckmässige Schul-Subsellien ist zur Mode geworden. Sicherlich handelt es sich da einmal um eine schöne und gute Mode, wenn mir gleich der Ernst, mit welchem man in die Details des „Baues" der Schulbänke eingeht, etwas übertrieben erscheint. Wie weit das Interesse für die Schuleinrichtung, welches auch die diversen Regierungen in löblichster Weise theilen, sich erstreckt, das konnte man in der Wiener Weltausstellung 1873 am besten ersehen. Nicht weniger als vier vollständige Schulhäuser (ein österreichisches, schwedisches, portugiesisches und nordamerikanisches) waren exponirt, und ausserdem hat Cohn nicht weniger als 47 Subsellien-systeme in den verschiedenen Räumen der Ausstellung zusammengesucht und in seiner dankenswerthen Arbeit: „Die Schulhäuser und Schultische der Wiener Weltausstellung" beschrieben und abgebildet. Er hat in dieser Schrift auch die für den Augenarzt wesentlichen Bedingungen, die ein gutes Subsellium erfüllen soll, noch einmal kurz zusammen gefasst. Vor Allem ist wichtig, dass die Bank dem Tische hinlänglich nahe stehe, so dass die sogenannte Distanz (der seitliche Abstand zwischen Tisch und Bank) Null oder, was weit vorzuziehen ist, negativ sei, d. h. dass der vordere Bank- mit dem hinteren Tischrand in Einer Verticalebene liege, resp. der hintere Tischrand über den vorderen Bankrand überhänge. Ferner soll die Differenz, d. i. der verticale Abstand zwischen Tisch und Bank nicht zu gross, aber natürlich auch nicht zu klein sein. Die Höhe der Bank, der Abstand des Sitzbrettes vom Fussboden, muss der Unterschenkellänge entsprechen oder es muss durch ein breites Fussbrett dafür gesorgt sein, dass die Füsse nicht in der Luft schweben. Endlich sei eine nicht zu hohe Rückenlehne am Sitze angebracht.

Als das für den Schulgebrauch beste Subsellium bezeichnet Cohn die von Bahse und Händel (Chemnitz) verbesserte Kunze'sche Bank, und erachtet, dass mit diesem Systeme die Frage nach der Construction einer guten Schulbank vollkommen gelöst sei. Die genannte Bank (Fig. 77 nach Cohn) wird 2-, 3- und 4sitzig construirt. Die Tischplatte ist für jeden Schüler einzeln gegen den Schüler hin ausziehbar. Ist sie vorgeschoben, kommt am entgegengesetzten Bankrande

ei *a*) ein Tintenfass zum Vorschein. Ist die Tischplatte nicht heraus-
zogen, so besteht eine positive Distanz von 3 Zoll, der Schüler
nn in der Bank stehen, dagegen ist er genöthigt, beim Schreiben
e Tischplatte auszuschieben und so bei
r dann vorhandenen negativen Distanz
n $^1/_2$" zu arbeiten. Fussbrett 14" breit,
ickenlehne 12—13" hoch, 10" breit.

Fig 77.



Das Postulat also, dass die Kinder in
n Schulen auf passenden Bänken sitzen,
rd, so ist zu hoffen, in nicht zu langer
it ziemlich allgemein erfüllt sein. Man
ıss aber auch dafür sorgen, dass das
eiche zu Hause geschehe. Ein Sessel mit
her und tiefer zu stellendem Sitzbrett
nöglicht es, den Abstand der Augen von einem Tische gewöhn-
her Höhe in entsprechender Weise zu reguliren, und ein verstell-
res Fussbrett wird für die entsprechende Bankhöhe sorgen. Dem
achsthum des Kindes gemäss wird Sitz- und Fussbrett immer tiefer
stellt werden. Ein solcher Sessel ist übrigens, wenn er gut con-
uirt ist (wie der nach Dr. Sandborg's Angabe von A. Lindblad
Stockholm mit einer Bank verbundene Stuhl), ziemlich kostspielig,
d es ist keine Aussicht, dass solche Stühle allgemein eingeführt
rden. Man kann daher auch Sessel mit passendem Fussbrett anfertigen
ssen, deren Füsse so hoch sind, dass das Kind den richtigen Abstand
ner Augen vom Tische einhalten kann. Wenn das Kind wächst,
lässt man einfach die Füsse (natürlich des Sessels) etwas abschneiden
d das Fussbrett etwas tiefer annageln. Das thut's auch. Oder es geht
s Cabinetsstück in den Gebrauch eines jüngeren, in die Kunst des
sens einzuweihenden Sprossen über. Ausserdem bekommen die Kinder
lte zum Lesen, schreiben mögen sie auf ebener Tischplatte. Die
eckmässigste Beleuchtung wird erzielt, dass, wo es nur immer mög-
h ist, der Rücken dem Fenster zugekehrt wird. Ich habe meine
eude daran, wenn es mir, was selten genug der Fall ist, gelingt, in
ıer Familie die genannten Einrichtungen durchzuführen. Da sitzen die
nder aufrecht der Reihe nach neben einander am Tische, den Rücken
gen die Fenster gekehrt, auf riesigen Sesseln, die riesigen Bilder-
er Märchenbücher (fast alle für Kinder bestimmten Bücher haben
mlich merkwürdiger Weise ein Riesenformat) auf riesigen Pulten in
ıpectvoller Entfernung studirend. Die Leseweite kann hiebei begreif-
h jenseits 14" verlegt werden, die Schreibeweite (da auf der ebenen

Tischplatte geschrieben wird) ist durch die Höhe des Stuhls bestimmt. Es ist klar, dass bei solcher Anordnung die übergeneigte Kopfhaltung, so wie übertriebene Accommodations- und Convergenzanstrengung gänzlich vermieden wird. Nur auf Eines, freilich das Wichtigste, achte man. Kinder haben, auch wenn sie nicht myopisch sind, die Gewohnheit, die Gegenstände sehr nahe zu halten, besonders beim Schreiben sich stark auf den Tisch hinab zu beugen. Das muss mit aller Strenge hintangehalten werden. Wo durch Ermahnung in dieser Hinsicht Nichts zu erreichen ist, muss man zu einem Gewaltmittel schreiten, indem man einen an den Tisch zu schraubenden Kinnhalter (eine Stange von entsprechender Höhe, die an ihrem oberen Ende eine gepolsterte Höhlung für das Kinn besitzt) in Verwendung bringt. Auf diesen Halter wird das Kinn bei der Arbeit gestützt. Das Mittel wirkt gewöhnlich in kurzer Zeit. Der Kinnhalter ist so unangenehm, dass die Kinder lieber die üble Gewohnheit aufgeben. Man kann auch ein milderes Mittel, das v. Reuss empfiehlt, versuchen. Es wird ein als Stirnbinde um den Kopf gelegtes langes Band am Hinterhaupte geknüpft und mit den freien Enden so an die Sessellehne befestigt, dass das Band bei richtiger Kopfhaltung schlaff ist, durch sein Anspannen aber sofort das Kind ermahnt, dass der Kopf zu weit vorgeneigt sei.

Es leuchtet ein, dass wenn der Langbau nur oder am häufigsten durch schädigende Ursachen erworben würde, man namentlich, falls es gelungen sein wird, die zweckmässigen Schuleinrichtungen ziemlich allgemein durchzuführen, die Aussicht hätte, die Myopie ziemlich rasch aus der Welt zu schaffen. Da aber die Myopie stets auf angeborener Anlage beruht, so können durch das Vermeiden der als schädigend angesehenen Ursachen nur die relativ günstigsten Bedingungen gesetzt werden, ohne dass aber die Entwicklung der Myopie überhaupt verhütet würde.

Man bemerkt, dass die Kinder anfangen myopisch zu werden, nicht etwa dadurch, dass sie ihre Arbeitsgegenstände bereits näher halten müssen, sondern dadurch, dass sie in die Entfernung nicht mehr deutlich sehen, bei Kindern aus Myopenfamilien mache man darauf aufmerksam, dass deren Augen von Zeit zu Zeit durch eine beliebige Fernprobe zu controliren seien. Gesetzt es ist schon Myopie z. B. $M\,^1/_{30}$ da und wie die Spiegelprüfung zeigt, wirkliche Myopie. Das Augenmerk muss nun darauf gerichtet werden, die weitere Entwicklung der Kurzsichtigkeit möglichst hintanzuhalten. Durch continuirliche Atropinisirung und Verordnung convexprismatischer Brillen bei der Nahearbeit könnte jede Convergenz und Accommodationsanstrengung gänzlich beseitigt werden, und es wäre gewiss interessant zu sehen, was ein

solches durch Jahre, wohl besser Jahrzehnte fortgesetzte Verfahren für Erfolge aufzuweisen hätte. Dass aber ein solcher Methodus nicht ausführbar ist, braucht nicht erst besonders hervorgehoben zu werden. Man beschränke sich darauf bei beginnender Myopie das zweckmässigste Regimen für die Nahearbeit auf das strengste durchzuführen, sowie die Arbeit öfters (jede halbe Stunde) auf ein paar Minuten unterbrechen, bei künstlicher Beleuchtung möglichst wenig arbeiten zu lassen und bei schon etwas mehr erwachsenen und selbstständigen Kindern dafür zu sorgen, dass sie nicht etwa in die Nacht hinein Allotria lesen. Natürlich wird es gut sein, wenn man durchsetzt, dass die Kinder sich mehr im Freien bewegen, als dass sie den ganzen Tag über in den Stuben hocken und studiren. Aber die Viellernerei und die Nichtserlernerei ist jetzt die Losung des Tages — man kommt schlecht an mit diesbezüglichen Rathschlägen. Nimmt die Myopie soweit zu, dass die Arbeitsweite von 14″ nicht mehr eingehalten werden kann, dann rückt man dieselbe am besten durch Concavgläser hinaus. Man könnte zwar die grössere Convergenz, die in Folge der Hereinrückung des Fernpunktes nöthig wird, auch durch Prismen mit der Basis nach innen vermindern, aber die Anwendung derselben erreicht bald ihre Grenzen, da stärkere Prismen als solche von 14^0 in Summa kaum in Verwendung kommen können. Mit Hilfe solcher Prismen kann die Convergenz nur solange noch hinlänglich verringert werden, als der Fernpunkt nicht näher als 8″ liegt, doch selbst bei $M^1/_8$ genügt noch ein schwaches, die Sehschärfe sehr wenig beeinträchtigendes Concavglas nämlich $-\,^1/_{18}$, um den Fernpunkt nach 14″ hinauszuschieben. Da die Sehschärfe der kindlichen Augen in der Regel genügend gross ist, wird man also, da Prismen die unangenehme Annäherung des Objectes nicht verhüten, für die Nahearbeit Concavgläser verordnen, welche den Fernpunkt nach 14″ hinausrücken. Das entsprechende Concavglas findet man durch folgende einfache Erwägung. Es bestehe $M^1/_8$, d. h. es wäre $-\,^1/_8$, $^1/_2$ vor K, das corrigirende Glas. Will ich, dass diese Myopie auf $^1/_{14}$ verringert werde, so muss ich von $M^1/_8$ eine bestimmte $M\frac{1}{x}$ wegnehmen. Es ist daher:

$$\frac{1}{8} - \frac{1}{x} = \frac{1}{14}$$

$$\text{und } \frac{1}{x} = \frac{1}{8} - \frac{1}{14} = \frac{1}{18^2/_3}.$$

Wenn ich also dem Auge $M^1/_{18^2/_3}$ dadurch wegnehme, dass ich das entsprechende Concavglas vor das Auge setze, wird der Fernpunkt

nach 14" hinausgerückt. Man findet demnach, wenn man den Grad der Myopie oder, allgemeiner ausgedrückt, das die Myopie neutralisirende Glas $\frac{1}{M}$ bestimmt hat, das zur Hinausrückung des Fernpunktes nach 14" nöthige Glas $\frac{1}{x}$ durch die Gleichung: $\frac{1}{x} = \frac{1}{M} - \frac{1}{14}$.

Ehe wir weiter gehen, müssen wir sagen, dass das genannte Verfahren nicht in allen Fällen von Myopie im kindlichen Alter anwendbar ist. Wenn schon bei Beginn des Unterrichtes im 5. — 7. Lebensjahre höhergradige Myopie sich zeigt, welche, wenn sie bereits in diesem Alter derartig hervortritt, fast immer mit ausgesprochener Herabsetzung der Sehschärfe einhergeht, da ist auch guter Rath theuer. Ich spreche dabei nur von jenen Fällen, in welchen es sich um einfache Myopie handelt, d. h. in welchen man im Augengrunde höchstens einen Conus oder auch diesen nicht findet. Die relativ stärkeren Concavgläser welche, wenn die Myopie einmal $^1/_7$ erreicht oder überstiegen hat, zur Verminderung der Myopie bis auf $^1/_{14}$ nöthig werden, können sich bei herabgesetzter Sehschärfe als nicht mehr befriedigend erweisen und von einer Hinausrückung des Fernpunktes um 2—3" durch entsprechend schwächere Gläser hat man keinen Gewinn, wohl aber kann unter solchen Umständen durch zu starke Annäherung des Objectes ein Nachtheil sich entwickeln. Prismatische Gläser in der verwendbaren Stärke verringern die Convergenz ein wenig, wesentlichen Nutzen werden sie auch nicht schaffen. Da im kindlichen Alter wegen der geringen Grösse der Grundlinie und wohl auch weil die Nase sich noch nicht zu der Bedeutung eines das Licht abschneidenden Organes entwickelt hat, zu dem Auskunftsmittel, welches wir bei hochgradigen Myopen häufig antreffen, — ich meine die Exclusion Eines Auges [1]), — nicht gegriffen wird, so ist die von Seite der Convergenz ausgehende Schädigung, wenn sie gleich eben wegen des relativ geringen Abstandes der Augendrehpunkte von einander eine geringere Bedeutung hat, wenigstens durch optische Mittel schwer zu beseitigen. In solchen Fällen ist wirklich jener Rath der beste, der dahin zielt, dass die Erlernung der edlen Künste des Lesens und Schreibens auf bessere Zeiten verschoben werde. Da er aber nicht befolgt wird, so gestatte man solchen Kindern eine ganz kurze, vielfach unterbrochene Arbeitsdauer ohne Brille (oder mit einer prismatischen Brille), Kopf wird aufrecht, das Buch beim Lesen in der Hand gehalten oder auf einem entsprechend hohen Pulte

[1]) s. pag. 395.

angebracht, geschrieben wird ebenfalls an einem schiefen Pulte, an welchem das Kind für die ohnehin kurze Zeit dieser Beschäftigung am besten steht.

Betrachten wir jetzt die Myopen von der Zeit der Pubertät an, jener Zeit, zu welcher energischer studirt und auch das nächtliche Romanlesen energischer betrieben wird. Zu dieser Zeit erfährt die Myopie häufig eine rasche Steigerung; wir kommen zur Therapie der Myopie zur Zeit ihrer starken Progression.

Wir können an dieser Stelle die Frage aufwerfen, ob Myopie überhaupt heilbar oder besserbar sei. Versteht man unter Myopie nur die durch Axenverlängerung bedingte Anomalie, so kann von einer Heilung oder Besserung der Axenanomalie kaum die Rede sein, weil die gedehnte Sklerotica schwerlich wieder zur Contraction zu bringen sein dürfte. Dieser so ziemlich allgemeinen Ansicht stehen zwar einzelne Angaben, auch solche aus neuerer Zeit (Dobrowolsky, Schröder) entgegen, jedoch lässt sich denselben in Betreff der Abnahme der Axenlänge keine Beweiskraft zuerkennen. Gar nicht ernst zu nehmen ist der Vorschlag der Heilung der Myopie durch „intraoculäre Myotomie," welche Solomon (Birmingham) in die Augenpraxis einführen möchte. Die intraoculäre Myotomie besteht darin, dass man mit einem schmalen Beer'schen Staarmesser an der Sklero-Cornealgrenze einen Schnitt parallel mit dem Aequator bulbi von ungefähr 2 oder $2^1/_2$''' durch die Sklera und den Ciliarmuskel führt. Es ist fraglich, ob eine solche Operation, die sicherlich nicht ungefährlich ist, auch nur gegen Accommodationskrampf sich wirksam erweisen könnte, da die einzelnen Theile des Ciliarmuskels eine von einander unabhängige Innervation und Contractionsfähigkeit besitzen.

Die progressive Myopie erfordert ein verschiedenes therapeutisches Vorgehen. Erstlich ist sie relativ häufig zunächst durch Accommodationskrampf vorgetäuscht, aber es kann kein Zweifel bestehen, dass der Accommodationskrampf sich gleichsam in Axenverlängerung umsetzt und dass dessen Bekämpfung daher in jedem Falle als ein wirksames Mittel gegen die Progression der Myopie versucht werden muss. Man könnte vielleicht einwenden, dass wenn im Momente die summirte Myopie z. B. $^1/_{15}$, die wirkliche $^1/_{30}$ beträgt, es doch für die Nahebeschäftigung gleichgiltig sei, ob Accommodationskrampf da ist oder nicht, weil für den Abstand von 14" z. B. doch in beiden Fällen gleich viel accommodirt wird. Man hätte dabei vergessen, dass allerdings für die Nahebeschäftigung die Sache auf eines herauskommt, dass aber solche Augen beständig, auch beim Blicke in die Ferne accommodiren und nur selten

ausser im Schlafe der Ciliarmuskel wirklich erschlafft. Darin liegt, wenn man überhaupt der Accommodation einen Einfluss auf die Zunahme der Axenverlängerung zuerkennt, das schwer schädigende Moment, dass selbst durch das vollständige Verbot der Nahearbeit solche Augen vor der Schädigung durch die Accommodation nicht geschützt werden.

Wir haben früher einzelne Fälle von Accommodationskrampf speciell aufgeführt, um zu zeigen, wie sich derselbe dem Atropin gegenüber verhält; wir haben an dieser Stelle zu fragen, wie sich die Endwirkung einer durch viele Wochen fortgesetzten Atropincur gestaltet. Leider lautet da die Antwort für die von mir bisher angewendete Curdauer bis zu 2 Monaten ungünstig, Schiess-Gemuseus, Schröder und Derby beurtheilen die Erfolge einer solchen Cur zu sanguinisch. Es ist die Regel, dass kurz nach Beendigung der Atropincur sich der frühere Grad der summirten Myopie (also Accommodationskrampf) wieder einstellt und man nach einiger Zeit auch den Fortschritt der Axenverlängerung nachweisen kann. Da wo Myopie und Krampf einige Zeit nach der Cur sich so wie vor der Cur präsentiren, kann man nicht mit Bestimmtheit behaupten, dass die Atropincur das Fortschreiten der Myopie verhütet hätte. Damit soll aber der Werth der Atropincur nicht discreditirt werden. Ich halte sie in der That in den Fällen, in welchen sich der Accommodationskrampf durch den Spiegel constatiren lässt, für ein sehr werthvolles Mittel. Aber es ist kein Zweifel: Soll die Cur etwas nützen, so wird sie sich durch ein oder mehrere Jahre ununterbrochen oder fast ununterbrochen hinziehen müssen. Eine jährlich durch einige Zeit wiederholte Atropincur, wie sie Schiess-Gemuseus und Derby empfehlen, scheint, nach einigen so behandelten Fällen zu schliessen, von keiner Wirkung zu sein, da in der Zwischenzeit die Myopie fortschritt. Die Möglichkeit des spontanen Verschwindens des Krampfes, ohne dass die Myopie inzwischen Fortschritte machen würde, ist überhaupt dem Patienten gegenüber nicht in Aussicht zu stellen, da diese Fälle äusserst selten sind.

Von jener progressiven Myopie, in welcher der Accommodationskrampf sicherlich die Hauptrolle spielt (wesshalb dabei auf diesen das therapeutische Augenmerk gerichtet werden muss) gehen wir zu jenen Formen der Myopia progrediens über, in welchen eine scheinbare Refractionserhöhung wenigstens zur Zeit als wir die Augen zu Gesicht bekommen, fehlt, dagegen eine Störung im Muskelgleichgewichte zu constatiren ist. Lässt sich ein bedeutendes Fernabductionsvermögen *einerseits* und binoculäre Fixation der unbewaffneten Augen andererseits *nachweisen*, dann aber, auch nur dann tritt die von v. Graefe bei

progressiver Myopie überhaupt so warm empfohlene Tenotomie des Externus in ihre Rechte, auch wenn die Myopen nicht an asthenopischen Beschwerden leiden. Musculäre Asthenopie findet sich ja, wie wir sagten, bei Myopie höheren Grades sicherlich nur selten, da der Myope statt zu ermüden es vorzieht, Ein Auge vom Sehact auszuschliessen. Wo aber dieses Letztere geschieht, da hat, wie ich glaube, die Natur das vortrefflichste Auskunftsmittel erwählt, welches uns allein Sicherheit gibt, dass bei der Nahearbeit Accommodation und Convergenz, die wir doch fürchten, nicht mehr schädlich wirken. In diesen Fällen scheint mir eine Tenotomie, um gegen die Progression der Myopie zu wirken, nicht angezeigt. Wenn Graefe sagt, „dass das exclusive Lesen mit einem Auge durchschnittlich angreifender ist, mehr zur Ermüdung und zu Congestionen disponirt als ein unter leidlich günstigen Nebenbedingungen vor sich gehendes Binocularsehen: es ist demnach auch wahrscheinlich, dass es die Fortschritte der Myopie mehr fördert als dieses," so möchte ich bemerken, dass ich im Gegentheile beobachtet habe, dass Myopen, die nur mit Einem Auge arbeiten, in der Regel eine ganz ausgezeichnete Ausdauer in der Nahearbeit zeigen, sowie andererseits der Schlusssatz nicht ganz harmonisch im Munde Graefe's klingt, der ja doch gerade der Convergenz den Löwenantheil bei der Progression der Myopie zuschreibt und nach Vollführung der Tenotomie die allergländzendsten Erfolge in Betreff des Stillstandes des Axenverlängerung erhielt.

In einer dritten Reihe von Fällen der progressiven Myopie ist weder Accommodationskrampf noch ein irgend wie belangreiches Uebergewicht der Externi nachzuweisen. Hier ist dann eigentlich nur die Enthaltung von der Nahearbeit therapeutisch indicirt. Da die vollständige Enthaltung nicht erreichbar ist, so muss man sich begnügen, die möglichste Schonung der Augen in Betreff der Nahearbeit anzuempfehlen, und den Fernpunkt, falls noch binocular gesehen wird, der Sehschärfe gemäss durch die entsprechenden Concavbrillen hinauszurücken, dem Brillenträger streng einschärfend, er möge das Object nicht unnöthig annähern. Aber sowie es schon äusserst schwer gelingt, dass selbst dieser letztere Rath hinsichtlich der Schonung der Augen befolgt werde, so findet der Rath einer jahrelangen Atropincur oder der Tenotomie der Externi in den geeigneten Fällen im Allgemeinen noch weniger Gehör. Ist daher das Wesen der Myopie noch immerhin dunkel, und sind die therapeutischen und diätetischen Massnahmen gegen die Progression der Myopie auch nicht von der Art, dass man darüber *in Entzücken* gerathen könnte, so beruht doch die

Lückenhaftigkeit unseres Wissens wenigstens zum Theile darauf, dass man nicht zu oft Gelegenheit hat, die Wirkungen der therapeutischen Anordnungen zu studiren, weil sie nicht befolgt oder überhaupt abgelehnt werden. Die Atropincur bei Myopie mit Accommodationskrampf ist überhaupt noch zu neu, um schon einen definitiven empirischen Schluss in dieser Richtung ziehen zu können.

Wir werden an die Besprechung der Therapie der progressiven Myopie am besten die Behandlung der Reizzustände anreihen, welche im Verlaufe der regulären Myopie auftreten können [1]). Ruhe der Augen, Enthaltung von jeder Anstrengung ist zunächst zu empfehlen. Doch ist es gut, wenn es angeht, mehr zu thun. Man halte den Kranken durch 8—14 Tage in einem verdunkelten Zimmer, lasse ihn nur des Abends und nur dort, wo ihn nicht Gasflammen blenden, promeniren; man wende ferner energisch Atropin an — auch wenn kein Krampf da ist, man denke an das Ciliarweh. Es wird dem Kranken nichts schaden, wenn man ihm die eine oder andere Blutentziehung an der Schläfe macht, aber man muss bedenken, dass einerseits solche Reizerscheinungen gewöhnlich ohne Blutentziehung weichen, andererseits aber auch Fälle vorkommen, wo mit sammt den Blutentziehungen nichts ausgerichtet wird. Durch dunkle Brillen gewöhne man den Kranken allmälig an's Tageslicht (welches dann nicht selten auch bei weiter Pupille ganz gut ohne Schutzbrille ertragen wird), und setze auch, wenn die Arbeit bereits gestattet wird, die Atropineinträufungen einige Zeit fort. Bei dieser Gelegenheit muss über die Beschäftigung während der Atropincuren etwas gesagt werden. Wenn wir wegen Accommodationskrampfes Atropin anwenden, so braucht, falls keine Reizerscheinungen da sind, die Nahebeschäftigung nicht aufgegeben zu werden. Es wird natürlich von der Lage des Fernpunktes und der Entfernung der Nahearbeit abhängen, ob die Augen keines Glases, oder eines Concavglases oder aber bei geringer Myopie eines Convexglases bedürfen. Der Anwendung von Convexbrillen während der Atropinparalyse steht bei Myopie nicht das Geringste im Wege. Das Gleiche gilt, wenn nach überstandenen Reizzuständen während der Fortsetzung der Atropincur die Arbeit wieder aufgenommen wird. Ist Accommodationskrampf gleichzeitig dagewesen, wird man schon aus diesem Grunde die Atropinisirung, wenn es angeht, durch längere Zeit fortsetzen; ist Muskelinsufficienz auch ohne eigentliche Erscheinungen musculärer Asthenopie gleichzeitig da, so wird man nach den vielfach besprochenen Regeln dagegen ein-

[1]) S. pag. 534.

schreiten. Es gelingt auf diese Art häufig des Reizzustandes in relativ kurzer Zeit Herr zu werden, aber es gibt auch Fälle, wo durch die ganze Therapie die Arbeitsfähigkeit des Myopen vorderhand nicht zu erreichen ist. Nach monatelangem Pausiren stellt sich aber doch glücklicherweise die Leistungsfähigkeit der Augen gewöhnlich wieder ein, mitunter bei Mitwirkung des blauen Lichtes.

Es wird der passende Ort sein, über die blauen und sogenannten rauchgrauen Brillen ein Wort unterlaufen zu lassen. Die blauen Brillen haben durch Böhm und v. Graefe eine sehr ausgedehnte Anwendung gefunden, und es lässt sich nicht läugnen, man ist zu weit gegangen. Sarkastisch beginnt der jetzige Nestor der Ophthalmologen, Jüngken, seine letzte Schrift, die Augendiätetik, mit der Bemerkung, dass sowie man von Salzburg, wo man Niemand ohne Regenschirm sieht, scherzweise sagt, die Kinder würden dort mit dem Regenschirme geboren, man in gleicher Weise von Berlin sagen könnte, dass daselbst die Kinder bereits mit der blauen Brille zur Welt gebracht würden. Ich bin durchaus nicht gesonnen, Böhm auf den Irrwegen zu folgen, in welchen sich seine „Therapie des Auges mittelst des blauen Lichtes" verliert, aber das muss man zugestehen, dass er in der eben citirten Schrift (1862) die optische Wirkung des blauen und rauchgrauen Glases vollkommen richtig entwickelt hat, und es daher in hohem Grade befremdet, wenn Dobrowolsky 11 Jahre später in den Annales d'oculistique (1873) die betreffenden optischen Verhältnisse, als würde es sich um etwas Neues handeln, darstellt. Auch Magnus bringt (1875) in seiner „Bedeutung des farbigen Lichtes für das gesunde und kranke Auge" in der genannten Richtung nichts Neues vor. Das blaue Glas ist durch Kobaltoxydul gefärbt. Entwirft man ein Sonnenspectrum, nachdem man das Sonnenlicht selbst durch ein tiefblaues Kobaltglas durchgehen liess, so sind keineswegs alle Farben bis auf Blau ausgelöscht, im Gegentheile, es erscheint das Spectrum überraschend wenig verändert. Vom violetten Ende her stehen alle Farben unverändert bis in's Gelb hinein, nur im Gelb, Orange und Roth erscheinen vier schwarze (Absorptions-) Streifen, so dass also nur ein Theil der gelben, orangen und rothen Strahlen ausgelöscht wird. Das blaue Glas schneidet daher keineswegs die Spectralfarben bis auf Blau von der Netzhaut ab, es lässt vielmehr alle Spectralfarben hindurch, nur nicht gleichmässig, so dass ein Theil der Strahlen mit grosser Wellenlänge absorbirt wird. Das rauchgraue Glas (Smoke- oder Neutral-tint-glass der Engländer, verre neutre der Franzosen), gefärbt durch einen nicht allgemein bekannten Zusatz, hat die Eigenschaft, *alle Spectralfarben* gleichmässig abzuschwächen, so

dass weisses Licht, welches durch ein solches Glas hindurchgegangen ist, noch immer weisses Licht, nur von geringerer Helligkeit, bleibt. Durch rauchgraue Gläser wird das Licht nur quantitativ, durch blaue Brillen qualitativ geändert. Schon Böhm erklärt es für „unverkennbar, dass die Rauchgläser alle Eigenschaften besitzen, um in grösster Vollkommenheit dem Auge Schutz vor relativ zu hellem Lichte zu gewähren," es ist nur sonderbar, dass Dobrowolsky glaubt, dass blaue Gläser dasselbe Ziel verfolgen, und dass man die Frage aufwerfen könne, durch welche Gläser, rauchgraue oder blaue, Schutz vor zu hellem Lichte besser gewährt werde, da doch in dieser Hinsicht nur das rauchgraue Glas zur Anwendung zu kommen hat. Bei heller Sonnenbeleuchtung, bei starken Reflexen von weissen Wänden, bei Schneelicht wird jedem Auge ein rauchgraues Glas angenehm sein, aber wenn Augen, in specie myopischen, die an Reizerscheinungen leiden, geholfen werden soll, so handelt es sich im Allgemeinen durchaus nicht um einfache Abschwächung des Lichtes. Die Verhältnisse werden am klarsten, wenn wir die künstliche Beleuchtung berücksichtigen, bei welcher solche Myopen am schwersten arbeiten. Würde es sich da nur um Abschwächung des Lichtes handeln, so würde, wenn der störende directe Lichteinfall in's Auge durch Lampen- und Augenschirm — ein ganz allgemein zu empfehlendes Verfahren — aufgehoben ist, einfach eine Verkleinerung der Lampenflamme oder das Ersetzen derselben durch ein armseliges Kerzenlicht genügen, um die Beleuchtung herabzusetzen. Der Kranke würde da die Kosten für das Rauchglas und noch dazu Beleuchtungskosten ersparen. Aber bei so schlechter Beleuchtung vermögen die genannten Augen in der Regel noch weniger zu arbeiten und ebensowenig nützt es ihnen, wenn sie bei heller Lampe ein Rauchglas sich vorsetzen. Dagegen beobachtet man in vielen Fällen eine äusserst wohlthuende Wirkung von der Anwendung eines blauen Glases von nicht zu dunkler Nuance. Nicht die Helligkeit, sondern das Grelle der Beleuchtung ist es, das die gereizte Netzhaut nicht verträgt. Das grelle Licht rührt aber von den Strahlen mit grosser Wellenlänge her und deren Schwächung bewirkt ein unverkennbares Behagen. Dobrowolsky meint zwar, dass es nicht erwiesen sei, dass unser Auge die blaue Farbe leichter und länger ohne Ermüdung als die anderen Farben vertrage. Da möchte ich doch an die bekanntesten Thatsachen erinnern, die schon Böhm gehörig zusammenstellt. Wir sprechen von „brennendem Roth" und „schreiendem Gelb," aber von einem „schreienden Blau" habe ich noch nichts gehört. Wer eine jener Feerien gesehen hat, in welchen das Gelbsehen einer Person durch die gelbe

Färbung aller Personen und Sachen auf der Bühne dargestellt wird, der wird, glaube ich, nicht mehr behaupten, dass diese Farbe den Augen ebenso angenehm sei, als das Blau des Himmels und wird wohl auch überhaupt in dieser Frage nicht behaupten, dass es sich nur um die Differenz der Helligkeit (Lichtintensität) handelt, die den einzelnen Farben zukommt.

Fast trivial muss es scheinen, auf die Aufregung des Truthahnes und die Wuth des Stieres beim Anblick eines rothen Tuches hinzuweisen, aber trotz der Trivialität gewinnt die Sache doch manchmal eine unangenehme praktische Bedeutung; davon wissen die Engländer zu erzählen, auf deren rothe Regimenter sich in Indien ganze Horden wilder Stiere stürzten, und das kann auch mancher treffliche Mann erfahren, der unbedacht mit einer Dame, die ein rothes Tuch trägt, in unserem Tirol über eine „Alm", auf der sich ein Stier befindet, promenirt. Interessant ist auch die von Böhm angeführte Thatsache, dass in der Berliner Stickerei-Anstalt, in welcher auf Seidenstoffen von verschiedenster Farbe gestickt wird, unter allen Farben Gelb und Apfelgrün am ermüdendsten für die Augen sind, während Blau von allen Arbeiterinnen als die angenehmste Farbe bezeichnet wird.

Man hat den blauen Brillen den Vorwurf gemacht, dass sie ja gar nicht blau seien, sondern alle Spectralfarben durchlassen. Diesen Nachtheil halte ich für ihren grössten Vortheil. Würde man wirklich nur rein blaues Licht durch lange Zeit auf die Netzhaut wirken lassen, so glaube ich selbst, dass wenigstens eine Wiedergewöhnung an das weisse Licht mit Schwierigkeit verbunden wäre, aber eine geringe Schwächung der schwachbrechenden Strahlen, wie sie durch Kobaltgläser thatsächlich bewirkt wird, schadet erfahrungsmässig dem Auge nicht, bringt aber in einer Anzahl von Fällen wesentliche Vortheile, indem dadurch eine gewisse Arbeitsdauer wieder hergestellt wird. Es geht aus dem Letztgesagten klar hervor, dass ich Böhm's Versuche, der Netzhaut reinblaues Licht zuzuführen, durchaus nicht billige. Da es nicht gelingt, einen durchsichtigen festen Körper von reinblauer Farbe zu bereiten, so hat Böhm wässerige blaue Lösungen, welche viel vollkommener das Licht anderer Wellenlänge absorbiren, die Lösung des schwefelsaueren Kupferoxydammoniaks in Wasser und jene von Berlinerblau in Oxalsäure, in Vorschlag und die ersteren dadurch in Anwendung gebracht, dass er sie in geeigneter Weise zwischen ungefärbte Gläser einschloss. Der Anwendung solcher Gläser stimme ich principiell nicht bei.

Ich will nur noch bemerken, dass es mir etwas verfrüht erscheint, die Wirkungen des verschiedenfarbigen Lichtes auf die Netzhaut aprio-

ristisch aus den physikalischen Eigenschaften desselben ableiten zu wollen. Es ist bekannt, dass die schwachbrechbaren Strahlen von den stärkerbrechbaren sich dadurch unterscheiden sollen, dass den ersteren eine grössere Intensität (Helligkeit), eine grössere Schwingungsamplitude zukommt als den letzteren, während diese, die stärkerbrechbaren, durch eine grössere Schwingungszahl sich von den schwachbrechbaren auszeichnen, so dass die Strahlen gegen das rothe Ende des Spectrum hin mit grösserer lebendiger Kraft, aber mit einer geringeren Anzahl von Schlägen in der Secunde auf die empfindenden Netzhautelemente loshämmern, als die Strahlen in der Nähe des violetten Spectrumendes, welche mit geringerer Wucht, aber dafür mit häufigeren Schlägen die Zapfen und Stäbe bearbeiten. Durch welche Strahlen die Netzhaut energischer erregt wird, liesse sich, wie auch Magnus hervorhebt, a priori nicht entscheiden. Wir haben aber gesehen, dass thatsächlich die rothen und gelben Strahlen das „grelle" Licht constituiren und die Netzhaut stärker afficiren, als die Strahlen stärkerer Brechbarkeit, die blauen. Wenn Magnus für seine Person „beim Anblick dieser Farben (des gesättigten Blau und Violett) ein eigenthümliches Unbehagen in den Augen empfindet, welches an die Empfindung einer nicht hochgradigen Blendung lebhaft erinnert;" wenn er „zugleich ein leichtes Flimmern zu bemerken glaubt;" wenn seine Augen durch diese Farben „in höchst unangenehmer Weise berührt" werden und er „beim Anblick keiner anderen Farbe ein ähnliches Unbehagen in seinen Augen verspürt," so beweist das ganz richtig, wie stark reizend auf seine Netzhaut eine Farbe wirkt, der eine relativ geringe lebendige Kraft, aber eine relativ grosse Schwingungszahl zukommt. Aber ich finde den Schluss, zu dem Magnus gelangt, nicht ganz gerechtfertigt, dass diese nach Magnus so stark reizende „Lichtsorte" bei „atonischen" Zuständen der Netzhaut desshalb nicht verwendet werden soll, weil sie „nicht nur vollständig unfähig ist, die geschwächte Reactionsfähigkeit der nervösen Netzhautapparate zu bekämpfen, sondern sogar durch ihren geringen Inhalt an objectiver Lichtstärke dieselbe noch begünstigt." Wir wenden übrigens das blaue Licht nur bei Reizzuständen der Netzhaut an, wir perhorresciren ein „gesättigtes" Blau, und können daher das Axiom, das Magnus schliesslich aufstellt, nicht zugeben, dass „blaue Brillen stets die Gefahr in sich bergen, die Kurzsichtigkeit zu einem mehr minder rapiden Wachsthum anzuregen." Ein bischen blaues Licht vermag die Myopie weder zum Stillstande zu bringen, noch zur Progression anzuregen, wirkt aber erfahrungsmässig nicht selten wohlthuend auf die Retina.

Ueber die Therapie der schweren Augenerkrankungen (Glaskörpertrübungen, Chorioiditis disseminata, Erkrankung des gelben Fleckes, Netzhautablösung) ist hier zu handeln nicht der Ort. Doch kann man sagen, dass die Inunctionscur (mit oder ohne Blutentziehungen) das *A* und *Ω* dieser Therapie darstellt. Auch bei Netzhautablösung, die sich zu Myopie gesellt, möge man, wenn man überhaupt eine Therapie in Anwendung zieht, die letztgenannte versuchen. Durch das Einreissen der abgelösten Partie mittelst der in neuerer Zeit in Schwung gekommenen Netzhautpunction wird man kaum je oder doch nur höchst selten einen dauernden Erfolg erzielen. Es gibt Fälle, in welchen sich die Netzhaut bei Myopie spontan wieder anlegt [1]), um dann sich wieder abzulösen, wieder der Aderhaut sich zu nähern u. s. f. Diese Fälle taugen schon gar nicht für die Operation, ehe nicht ein vollkommen stationäres Verhalten der Netzhaut durch längere Zeit beobachtet und die Möglichkeit einer neuerlichen spontanen Anlegung ausgeschlossen wurde. Da passirt es schon auch, dass man die Heilung einer solchen Netzhautablösung der Operation der Netzhautpunction zuschreibt, während zu keiner Zeit eine Rissöffnung in der Retina nachgewiesen werden konnte. Eine absolute Negation will ich übrigens der Operationswirkung nicht gegenüber stellen. Vielleicht ist in dem einen oder anderem Falle (z. B. in einem v. Wecker's [2]) wirklich die Punction die Ursache der Heilung. Ich habe nie einen Erfolg erzielt.

Nachdem wir gesehen, in wiefern Concavgläser beim Hervortreten von musculärer Asthenopie, sowie zum Zweck der Herstellung des binoculären Sehactes bei Myopie zur Verwendung kommen können; nachdem wir erörtert, inwieweit während der Entwicklung und Progression der Myopie Gläser für die Nahearbeit brauchbar sind, fassen wir jetzt die Frage nach der Anwendung der Concavgläser von einer allgemeineren Seite, indem wir besprechen, wie dem optischen Fehler bei Myopie, ganz abgesehen von speciellen Rücksichtnahmen, beizukommen sei. Es fragt sich zunächst: Gibt es ein anderes Mittel zur Correction der Myopie, als das von Seiten der Concavgläser gebotene? Diese Frage ist nicht gleichbedeutend mit der Frage nach der Heilbarkeit der Myopie in dem Sinne, wenn wir unter Myopie die Axenverlängerung verstehen. Wenn wir die Axe nicht kürzer machen können, so könnten wir doch durch Verringerung der Brechkraft des dioptrischen

---

[1]) s. pag. 461, 462.

[2]) Annales d'oculistique. 1874. Tom. 71. pag. 124.

Systems den optischen Fehler corrigiren. Ist die emmetropische Einstellung wirklich der myopischen vorzuziehen, dann wäre ein solches Verfahren, wenn ausführbar, unter allen Umständen, wie ich im Gegensatze zu Donders hervorheben will, angezeigt. Ist die Myopie stationär, hat die Axenverlängerung ihr Ende erreicht, dann wird ein etwa durch Abflachung der Hornhaut emmetropisch gemachter Myop sich von einem Originalemmetropen durch nichts, durch absolut nichts unterscheiden. Wenn ich, dessen $M^1/_6$ seit langer Zeit stationär ist, mich durch Vergrösserung des Krümmungshalbmessers meiner Hornhaut emmetropisch machen könnte, so würden sich meine Augen gerade so verhalten, wie originär emmetropische Augen mit der Axenlänge und dem (acquirirten) Radius meiner Augen — denn solche kommen ja thatsächlich vor, die Vorstellung von einer mit einem bestimmten Refractionszustande fest verbundenen Axenlänge wird hoffentlich bald allgemein zu den überwundenen gerechnet werden. Die Sehschärfe solcher Augen wird „individuell" sein, die meinigen würden, da sie jetzt ohne das, wie das directe Experiment zeigt, gegen alle theoretische Berechnung stark verkleinernde Concavglas in die Ferne sehen könnten, durch eine ganz besondere Fern- Sehschärfe ausgezeichnet sein. Aber gerade in jenen Fällen, in welchen die Sehschärfe herabgesetzt und die Myopie hochgradig ist, würde ein solches Emmetropischmachen der Augen durch Hornhautabflachung von grossem Vortheil sich zeigen, da eben die verkleinernde Wirkung der Concavgläser unvergleichlich grösser ist, als man nach der theoretischen, unter Zugrundelegung des schematischen Auges ausgeführten Berechnung glaubt. Die grosse Differenz zwischen der Sehschärfe hochgradiger Myopen, die man mit Correctionsgläsern für die Ferne prüft, und zwischen der Nahesehschärfe derselben unbewaffneten Augen war mir trotz der diesfalls in Anwendung gebrachten Beschwichtigungsmittel früher immer unverständlich, weil sie sich nicht mit der geringen Verkleinerungszahl der Concavgläser, die man durch Rechnung erhält, zusammenreimen liess.

Es ist also ganz klar, dass ein solcher stationärer Myop durch die Correction seines optischen Fehlers, bewerkstelligt durch Abflachung der Hornhaut, einem Emmetropen um so vollständiger gliche, als ja auch die Accommodation eines so hergerichteten Auges nicht leiden würde. Es ist aber einleuchtend, dass auch bei progressiver Myopie dieselben Vortheile wie bei stationärer sich aus der Aenderung der Hornhautkrümmung ergeben würden; das Leiden selbst würde dadurch nicht verschlimmert, bei genauerer Betrachtung aber könnte die Abnahme der Brechkraft des dioptrischen Systems zum wahren Heilmittel

werden. Wenn wirklich die in Folge des nahegelegenen Fernpunktes erhöhte Convergenz die Hauptursache der Progression der Myopie ist, dann würden wir, indem wir den Fernpunkt durch Abflachung der Hornhaut von 7, 6, 5 Zoll auf 12, 14 Zoll hinausrücken, die Convergenz wesentlich verringern und der Myope hätte den Vortheil, in der Entfernung von 12—14" ohne Glas und mit grösseren Netzhautbildern und statt durch starke Concavgläser durch schwache, also weniger verkleinernde, in die Ferne zu sehen. Die Variation dieses Themas will ich nicht weiter verfolgen, umsoweniger, als wir weder ein ungefährliches noch gefährliches Mittel besitzen, die Hornhaut in so regelmässiger Weise abzuflachen, als es nöthig wäre. Interessant ist immerhin der Versuch, den ein so ausgezeichneter Gewährsmann wie Purkinje mittheilt. Purkinje, dessen Augen $M\,^1/_7$ darboten[1]), band nach dem Rathe eines Anonymus ein mit feinen Feilspänen im Gewichte von einem halben Pfunde gefülltes Ledersäckchen über Nacht übers Auge. Am anderen Tage sah er ziemlich deutlich die Hausnummer quer über die Gasse, in einer Entfernung von 40—50 Schritt Personen fast so deutlich wie mit dem Augenglase. „Diese Disposition des Auges dauerte, so lange ich den Versuch fortsetzte, einige Stunden Vormittags." Es ist merkwürdig, dass wirklich durch Druck für einige Stunden die Hornhaut abgeflacht werden kann. Eine dauernde Gestaltveränderung ist jedoch selbst nach lange fortgesetzten, und wie auch Purkinje erfahren musste, für das Auge nicht gleichgiltigen Druckversuchen gewiss nicht zu erwarten, wie auch aus den Nebenbildern, die Purkinje bei diesem Experimente sah, erhellt, dass die Hornhaut nicht regelmässig abgeflacht, sondern facettirt worden war.

Da mit der Hornhaut Nichts anzufangen ist, versuchen wir es mit der Linse. Donders sagt, dass, wiewohl durch Extraction der cataractösen Linse bei hochgradiger Myopie nahezu emmetropische Einstellung erzielt wird, doch, selbst wenn die Extraction der durchsichtigen Linse nicht ein so gefährliches Unternehmen wäre, „im günstigsten Falle kein wirklicher Vortheil erzielt wird." „Es würde nicht nur das Staphyloma posticum ebenso bedrohlich bleiben, wie früher, sondern es würde auch das Accommodationsvermögen geopfert, und damit ein Vortheil verloren sein, der durch die etwas grösseren Bilder, welche vermittelst neutralisirender Gläser nach der Operation erzielt werden könnten, keineswegs aufgewogen wird." Da möchte ich mir erlauben, ganz entgegengesetzter Meinung zu sein. Das Staphyloma posti-

[1]) S. pag. 511.

cum wird allerdings da bleiben, auch wenn die Linse aus dem Auge entfernt ist. Die Verminderung des intraoculären Contentum und die Aufhebung der Accommodation wird übrigens gewiss nicht fördernd auf die Zunahme der Axenlänge wirken. Aber in optischer Hinsicht befindet sich ein so hochgradiger Myope unvergleichlich besser, wenn die Linse nicht mehr im Auge ist. Zunächst muss bemerkt werden, dass für einen Myopen so hohen Grades, dessen Augen im Zustande der Aphakie „eine nahezu emmetropische Einstellung" zeigen, das Accommodationsvermögen absolut werthlos ist. Ein solcher Myope hat mindestens $M^1/_3$. Nur für Objecte, die näher als $2^3/_4$" vom Auge liegen, müsste er seine Accommodation in Thätigkeit setzen, für alle grösseren Entfernungen kann er nur durch Concavgläser deutlich sehen. Wenn ein solcher Myope mit für die Ferne corrigirenden Concavgläsern auch in der Nähe arbeiten könnte, dann würde er seine Accommodation verwenden können, aber es braucht nicht erwähnt zu werden, dass kein derartiger Myope mit Concav $2^1/_2$ wegen der verkleinernden Wirkung der Gläser in der Nähe genug sieht, und selbst, wenn er genug sehen würde, dann wäre es unverantwortlich, einen solchen Myopen mit solchen Gläsern arbeiten zu lassen, statt ihm die entsprechenden schwächeren Concavgläser zu geben, mit denen er ohne Accommodation und bei grösseren Netzhautbildern arbeiten kann. Ein solcher Myope braucht seine Accommodation niemals, dagegen für die Ferne und für die Nähe verschiedene Concavgläser. Im Zustande der Aphakie sieht ein solches Auge mit deutlichen oder nahezu deutlichen Bildern in die Ferne. Der Gewinn ist ein grosser. Abgesehen davon, dass überhaupt ohne Glas deutlich (natürlich der Sehschärfe entsprechend) gesehen wird, ist die Sehschärfe eine wesentlich grössere, weil die corrigirenden Concavgläser sehr stark verkleinerten, und je geringer die Sehschärfe in Folge des Netzhautleidens ist, desto grösser und merklicher der Gewinn, der noch etwas gesteigert wird, wenn zur Correction noch ein schwaches Convexglas nothwendig ist, und nur eine unbedeutende Verringerung erfährt, wenn noch ein schwaches Concavglas sich als corrigirend erweist. In der Nähe wird mit den entsprechenden Convexgläsern eben auch viel besser gesehen, als mit den verkleinernden Concavgläsern, und manche solche Augen, deren Arbeitsweite wegen ihrer geringen Sehschärfe nicht mehr durch Concavgläser soweit hinausgerückt werden kann, dass der binoculäre Sehact erhalten werde, in Folge dessen es zur Exclusion Eines Auges kommt, würden mit den bedeutend grösseren Netzhautbildern, die nach der Entfernung der Linse mit Hilfe der Convexgläser erzeugt würden, das Binocularsehen bewahren. Den Unterschied

in der Grösse der Netzhautbilder hat man — ich wiederhole es — entschieden unterschätzt. Man vergesse nicht, dass ich experimentell gezeigt habe, dass die verkleinernde Wirkung eines Concavglases $^1/_{5^1/_2}$ thatsächlich grösser ist, als sie nach theoretischer Rechnung einem Glase — $^1/_{2^1/_2}$ zukommt, und dass es sich nicht blos um das Entfallen der verkleinernden Wirkung der Concavgläser, sondern um eine durch die Convexgläser gesetzte wirkliche Vergrösserung der Netzhautbilder handelt.

Unter allen Staaroperirten sind in der That jene seltenen Kranken die dankbarsten, welche vordem an hochgradiger Myopie gelitten Wenngleich die Sehschärfe in solchen Fällen gewöhnlich sehr mangelhaft ist, so preisen sich doch die Individuen (besonders weibliche, die nie Brillen getragen) glücklich, nun auf ihre alten Tage ohne Glas so viel von der Welt zu sehen, wie sie zuvor nie gesehen, und sich mit Sicherheit auf der Strasse bewegen zu können, was sie vordem eigentlich nur mit Lebensgefahr vermochten.

Der 19jährige Bauernknecht, welcher nach der ohne Iridectomie vollführten Discission des Schichtstaars am rechten Auge — $^1/_{18}$, am linken — $^1/_{10}$ als Correctionsglas benöthigt [1]), wäre, auch wenn er nicht an Schichtstaar gelitten hätte, wegen seiner hochgradigen Myopie zu jeglicher Beschäftigung unbrauchbar gewesen. Jetzt hat er mit dem rechten unbewaffneten Auge $S\ ^{10}/_{50}$ (mit — $^1/_{18}$ $S\ ^{10}/_{40}$), mit dem linken Auge $S\ ^{10}/_{200}$, welche durch — $^1/_{10}$ auf $^{10}/_{70}$ sich hebt. Er kann jetzt mit der Sehschärfe $^1/_5$, die er ohne Glas besitzt, alle groben Feld- und Hausarbeiten vollkommen gut verrichten, und wenn er in Folge des krankhatten Processes im Augengrunde vielleicht schliesslich erblindet, so wird er doch wenigstens bis zu dieser Zeit seiner Umgebung nicht zur Last gefallen sein. Wüsste ich eine Staaroperation, die z. B. so ungefährlich wie eine Iridectomie wäre, so würde ich dieselbe unbedingt allen höchstgradig Kurzsichtigen anrathen, da sie dann beim Sehen sowohl in die Ferne als in die Nähe weit besser daran wären.

Fragen wir, ob dem Myopen Mittel gegeben sind, um durch ein Manöver momentan den optischen Fehler zu corrigiren. Das gelingt in der That durch eine mittelst Fingerdruckes erzeugte Abflachung der Hornhaut [2]). Durch Compression der Hornhaut von Seite der Orbicularis allein, ohne Mitwirkung des Fingers, wie v. Graefe glaubt, dürfte es nicht möglich sein, die Hornhautkrümmung zu vermindern, wohl aber gelingt es den Myopen dadurch, dass sie entweder im äusseren Augenwinkel direct gegen die Hornhaut drücken, oder die äus-

[1]) S. pag. 439. — [2]) s. pag. 222.

sere Commissur stark gegen die Schläfe ziehen, wobei die Abflachung durch den Liddruck erfolgt. Darüber dass Myopen ohne ein solches Manöver plötzlich deutlich in die Ferne sehen können, finde ich nur eine einzige Angabe, die allerdings merkwürdig genug ist. Grillparzer, der hochgradig kurzsichtig war (er sagt, dass ihm schwache Concavgläser nichts nützten; starke Concavgläser, mit denen er in die Ferne sehen konnte, wurden von seinen Augen nicht vertragen) erzählt in seiner Selbstbiographie [1]), dass er zweimal in seinem Leben plötzlich erschreckend deutlich in die Ferne gesehen habe und gibt auch genauere Details über diese Beobachtung. Handelt es sich da nicht um ein täuschendes Bild, welches die Phantasie dem Dichter vorgegaukelt, sondern beruht das Phänomen auf einer physikalischen Grundlage, dann dürfte eine genügende Erklärung schwer zu geben sein. Contrahirten sich etwa die geraden Augenmuskeln plötzlich stark, so dass der Bulbus stark in die Orbita zurückgezogen wurde und in Folge des von Seite des retrobulbären Zellgewebes geübten Gegendruckes eine Verkürzung der Augenaxe momentan eintrat?

Was die Verordnung von Concavbrillen bei Myopie anlangt, so ist im Allgemeinen zu berücksichtigen, dass es sich darum handelt, einerseits das deutliche Sehen in die Ferne zu ermöglichen und andererseits auch für die Nahearbeit bei einem bestimmten Grade von Myopie den Fernpunkt in einen zweckdienlichen Abstand hinauszurücken. Will ein Myope für den Moment deutlich in die Ferne sehen, so kann bei allen Graden von Myopie das neutralisirende Glas in Form einer Lorgnette oder eines Nasenzwickers gestattet werden. Soll das Glas für die Ferne beständig in Form einer Brille getragen werden, so muss erwogen werden, ob die Myopie stationär und man auch sicher ist, dass sie nicht mehr fortschreitet oder ob sie eine deutliche Progression zeigt, beziehungsweise die Möglichkeit einer Progression besteht. Wir sprechen jetzt überhaupt nur von jener Myopie, die nicht durch Accommodationskrampf complicirt ist. Aber selbst in diesen Fällen scheint die Correction der Myopie durch eine natürlich nur zum Fernsehen zu verwendende Brille nicht angezeigt, solange noch die Möglichkeit der Progression der Myopie, also bis in die zweite Hälfte der 20er Jahre besteht, oder gar die Myopie evident progressiv ist. Vor 12 Jahren, in meinem 23. Jahre, begann ich zuerst Brillen für die Ferne zu tragen, ich nahm die neutralisirende Brille — $^1/_7$, aber schon nach kurzer Zeit bemerkte ich, dass ich schlechter in die Ferne sah, ich musste

[1]) Grillparzer's sämmtliche Werke 1872. X. pag. 161.

vor meine Brille noch ein schwaches Concavglas setzen, um wieder deutlich zu sehen. Ich behielt zunächst Brille — $^1/_7$, und auch mein Supplementglas blieb das gleiche. 2 Jahre später schritt ich zu neutralisirenden Gläsern $^1/_{6^1/_4}$. Es stellten sich dieselben Erscheinungen wieder ein. Schon nach einigen Wochen bedurfte ich zur völligen Correction wieder eines schwachen Hilfsglases, aber dieser Status hielt sich wiederum durch 2 Jahre. Dann in meinem 27. Jahre neutralisirte ich neuerdings die Myopie und zwar durch — $^1/_6$. Dieselbe Erscheinung folgte. Schon nach kurzer Zeit hatte die Myopie wieder etwas zugenommen. Nun habe ich mich allerdings gehütet, nach einiger Zeit wieder die Gläser zu wechseln und sowie ich noch immer — $^1/_6$ trage, so hat auch die Myopie seit 8 Jahren keine Progression gemacht. Mein rechtes Auge bedarf zur Correction als Hilfsglas — $^1/_{50}$, mein linkes — $^1/_{60}$. Es handelt sich da offenbar nicht um die gewöhnliche Form progressiver Myopie. Das Tragen der neutralisirenden Brille ist das Signal für eine geringe Zunahme der Myopie, die aber solange nicht mehr wächst, als das Glas nicht gewechselt wird, jedoch rasch wieder eine geringe Zunahme erfährt, sowie dies letztere geschieht. Es ist da schwer, ein blosses post hoc statt eines propter hoc anzunehmen. Die Sache ist nicht anders zu deuten, als dass in Folge des Tragens des Correctionsglases ein leichter Accommodationskrampf eintrat, der sich dann in wirkliche Myopie umsetzte. Heute, glaube ich, bin ich über die Jahre hinaus, in welchen das neutralisirende Glas dieselbe Wirkung, wie früher, ausüben würde, aber ich lasse es doch lieber nicht auf den Versuch ankommen, umsoweniger als die geringe Myopie, die meine Brille noch bestehen lässt, mich an der ziemlich scharfen Beobachtung der Aussenwelt nur sehr wenig behindert, andererseits ja auch noch ein Theil des Myopie-Restes für den Moment durch festeres Andrücken der Brille an's Auge corrigirt wird. Ich rathe keinem Myopen, wenigstens keinem Myopen vor dem 30. Jahre, auch wenn die Myopie nicht evident progressiv ist, die neutralisirenden Gläser als Brille zu tragen, sondern lasse einen Theil der Myopie $M^1/_{40}$ oder $^1/_{50}$ uncorrigirt. Durch eine Lorgnette — $^1/_{40}$ oder — $^1/_{50}$, die vor die Brille gesetzt wird, kann dann für den Moment vollkommen deutlich gesehen werden. Aus dem Gesagten ergibt sich von selbst, dass bei ganz geringen Graden von Myopie überhaupt eine Fernbrille nicht anempfohlen wird. Ist die Myopie deutlich progressiv, dann ist das Tragen einer neutralisirenden Fernbrille strenge zu untersagen, die übrigens in vielen solcher Fälle auch gar nicht vertragen wird. Diese Myopen mögen gar keine Fernbrille, sondern nur eine Lorgnette bekommen, oder wenn man schon ei-

Brille gibt, so lasse man jene Brille auch für die Ferne tragen, welche für die Nähe passt. Eine Complication gibt es, welche überhaupt nicht die Anwendung neutralisirender Gläser, selbst nicht in der Form der Lorgnette gestattet — das ist der Accommodationskrampf. Sowie durch die neutralisirenden Gläser wahrscheinlich in Augen ohne Krampf dieser letztere angeregt wird, so ist nicht blos ein Nachlassen des Krampfes nicht zu erwarten, sondern eine Steigerung desselben zu besorgen, wenn man die summirte Myopie corrigirt. In solchen Fällen gestatte ich selbst als Lorgnette nur das Glas, das der mit dem Spiegel bestimmten Myopie entspricht.

Ob man einem Myopen für die Nähe überhaupt und welche Gläser man ihm verordnet, wird von dem Grade der Myopie und der Art der Beschäftigung abhängen. Ist die Myopie nicht grösser als $^1/_{14}$, dann ist für die gewöhnlichen Nahebeschäftigungen ein Glas unnöthig; für einzelne Beschäftigungen, wie Klavierspiel, noch mehr für das Notenlesen bei einzelnen anderen Instrumenten, beim Einschreiben in grosse Geschäftsbücher, deren oberes Ende dann jenseits des Fernpunktes liegt, kann auch unter solchen Umständen ein schwaches Concavglas benöthigt werden. Ist die Myopie $> {}^1/_{14}$, dann wird der Fernpunkt mittelst des geeigneten Concavglases auf 14 oder 15″ hinausgerückt. Es kommt da bei der Lage des Fernpunktes nicht auf ein paar Linien an, bei $M\,{}^1/_{13}$ mag man noch Gläser weglassen, bei $M\,{}^1/_{12}$ jedoch ist es schon entschieden bequemer, wenn die Grenze des deutlichen Sehens um einige Zolle hinausgerückt wird. Bei progressiver Myopie wird das Naheglas auch als Fernbrille getragen, für das momentane Deutlichsehen der Brille eine Lorgnette vorgesetzt, deren Brennweite durch die Lage des hinausgerückten Fernpunktes gegeben ist. Auch Derjenige, dem für die Ferne eine nahezu corrigirende Brille zu tragen gestattet ist, wird mit einer solchen Lorgnette nebst der Nahebrille ausgerüstet sein, falls er im Collegium nicht blos auf seinen Tisch, sondern auch auf die Tafel zu sehen hat.

Erläutern wir das Gesagte durch einige Beispiele: Ein 18jähriger junger Mann sieht schlecht in die Ferne, es corrigirt — $^1/_{20}$, kein Accommodationskrampf. Es wird eine Lorgnette oder ein Nasenzwicker (der jedoch nur im Bedarf aufzusetzen ist) — $^1/_{20}$ zum Fernsehen gegeben, Nahearbeit ohne Brille. — Ein 14jähriger Jüngling kommt mit Gläsermyopie $^1/_{15}$, Augenspiegelmyopie $^1/_{30}$. Trotz seiner Protestation bekommt er keine stärkere Lorgnette als — $^1/_{30}$, Nahearbeit ohne Brille. — Ein 20jähriges Mädchen mit wirklicher $M\,{}^1/_{7\cdot5}$. Myopie hat nach Angabe in den letzten Jahren nur wenig zugenommen. Es wird

gestattet Lorgnette — $^1/_7$ und da Myopin auch Brillen auf der Strasse tragen will, Brille — $^1/_8$; für die Nähe (14″) ist das Glas — $\frac{1}{x}$ = — ($^1/_7$ — $^1/_{14}$) = — $^1/_{14}$ zu geben. — Ein 21jähriger Studiosus hat $M^1/_{6^1/_2}$, schon seit einigen Jahren nicht progressiv, bekommt als Fernbrille — $^1/_7$, für die Nähe — ($^1/_6$ — $^1/_{14}$) = — $^1/_{11}$, dazu für's Collegium zum Sehen auf die Tafel — $^1/_{14}$. — ($^1/_{11}$ + $^1/_{14}$) gibt das Neutralisationsglas — $^1/_6$. — Ein 18jähriger hat Gläsermyopie $^1/_8$, wirkliche Myopie $^1/_{12}$, die Myopie hat, wie angegeben wird, in letzter Zeit rasch zugenommen. (Accommodationskrampf.) Brille für die Nähe — ($^1/_8$ — $^1/_{14}$) = — $^1/_{18}$; er darf auch für die Ferne keine stärkere tragen, besser ist, er braucht gar keine Fernbrille. — Ein 40jähriger Mann trägt Concav 7 seit 20 Jahren, er sieht stets gleich mit dieser Brille, aber nicht genau in die Ferne. Er möchte fragen, ob er nicht ein stärkeres Glas tragen könnte. Es corrigirt — $^1/_5$, $S^{20}/_{30}$. Es wird ihm eine Brille — $^1/_5$ für die Ferne gestattet, in der Nähe hat er mit — $^1/_8$ zu arbeiten. In allen diesen Beispielen besteht genügende Sehschärfe und für den Abstand von 14″ kein Uebergewicht der Externi. Die Specialregeln, die sich bei hochgradiger Myopie mit starker Herabsetzung der Sehschärfe, mit Uebergewicht der Externi, sowie zur Zeit der ersten Entwicklung der Myopie ergeben, wurden früher ausführlich besprochen[1]).

Es fragt sich noch, ob es angezeigt sein könnte, bei Myopie neutralisirende Gläser stets, beim Fern- und Nahesehen tragen zu lassen. Sieht man sich die Brillen an, welche Kurzsichtige beständig tragen, so sind es gewöhnlich Gläser, welche für die Ferne zu schwach, für die Nähe zu stark sind, mitunter sind es aber auch wirklich neutralisirende Gläser, abgesehen davon, dass Fälle vorkommen, in denen selbst von Solchen, welche Kenntniss von der Sache haben sollten, überhaupt zu starke, die Myopie übercorrigirende Gläser getragen werden. Die stärksten neutralisirenden Gläser, die für beständig getragen wurden, fand ich bei einem Myopen, der in den 40er Jahren stand. Es war dies Concav $4^1/_2$, welches bei einer $S^{20}/_{30}$ schon seit dem Jünglingsalter sowohl für Ferne als Nähe benützt wurde. Es geht daraus hervor dass in der That corrigirende Gläser mitunter ohne Schaden getragen werden, dann nämlich, wenn der Ektasirungsprocess im hinteren Abschnitte des Auges vollkommen abgeschlossen ist, so dass er auch durch das Tragen zweckwidriger Gläser nicht wieder angeregt wird. Aber solche Beobachtungen berechtigen uns begreiflicher Weise nicht, derartige Brillen

[1]) S. pag. 394—397, 408—411.

zu verordnen, namentlich darf dies im Jünglingsalter nicht geschehen, da wir da niemals im Vorhinein wissen können, ob der Dehnungsprocess in der Sclerotica definitiv abgeschlossen ist.

Bei Myopie geht unsere Absicht dahin, alle schädigenden Momente möglichst zu vermeiden. Es wird daher jede unnöthige Accommodations- und Convergenzanstrengung, sowie die übergeneigte Kopfhaltung zu vermeiden sein. Bei Myopie niederen Grades bis $M\,^1/_{18}$ kann die Nahearbeit ohne Gläser, ohne oder mit geringfügiger Accommodation noch in jenem Abstande vorgenommen werden, den wir wegen der Natur der Nahearbeit ohnehin nicht mehr zu vergrössern im Stande sind, und in welchem die Schädlichkeiten grösserer Convergenz und der fehlerhaften Kopfhaltung entfallen. Ist die Myopie höheren Grades, dann wird der Fernpunkt durch eine Brille bis zur wünschenswerthen Distanz hinausgerückt. Dabei werden in Betreff der Convergenz und Kopfhaltung die günstigen Bedingungen gesetzt, Accommodation wird ganz vermieden und die Netzhautbilder werden, da wir ja die schwächsten Concavgläser, die den Zweck erfüllen, nehmen, nur insoweit verkleinert, als es unumgänglich nöthig ist. Kein Fall ist denkbar, dass man einem Myopen anrathen sollte, mit den neutralisirenden Gläsern in der Nähe zu arbeiten. Ist die Myopie gering, dann ist es absurd, Jemand zu nöthigen, mit Accommodationsanstrengung und verkleinerten Netzhautbildern in Entfernungen zu arbeiten, in denen er ohne jedes Glas ohne Accommodation und mit grösseren Netzhautbildern sieht. Bei höheren Graden von Myopie, namentlich so lange das Individuum nicht das 30. Jahr erreicht hat, ist ein solcher Vorgang nicht nur zwecklos, sondern derjenige, der am besten geeignet ist, den Fortschritt der Myopie zu fördern, da eine ganz unnöthige Accommodationsanstrengung, die wir ja möglichst vermeiden wollen, heraufbeschworen wird, und ausserdem schon durch Gläser $^1/_7$, $^1/_6$, $^1/_{5\frac{1}{2}}$ die Netzhautbilder ganz wesentlich verkleinert werden, und daher selbst wenn noch gute Sehschärfe besteht, die Beschäftigung mit feinen Objecten eine stärkere Annäherung des Objectes mit allen anhaftenden Schädlichkeiten erfordert. Alle diese Schädlichkeiten entfallen, wenn man durch das relativ wenig verkleinernde Naheglas den Fernpunkt auf 14″ hinausrückt. Ausserdem ergibt sich, wenn man bei höherer Myopie neutralisirend vorgeht, noch Folgendes. Solche Myopen vermögen anfänglich gar nicht mit den neutralisirenden Brillen in die Nähe zu sehen, sie waren ja bisher in der glücklichen Lage, in der Nähe ohne Accommodationsanstrengung arbeiten zu können. Durch die Gläser werden sie zur Accommodation gezwungen, und um sie überhaupt nur daran zu gewöhnen, kann man

nicht gleich die neutralisirenden Gläser geben, sondern muss allmälig mit der Stärke der Brillen steigen, um den relativen Accommodationsbreiten Zeit zur Verlagerung zu lassen.

Wie man bei Hypermetropie mit der Stärke der Gläser allmälig steigt zu dem Zwecke, um dem Accommodationsmuskel allmälig immer mehr und mehr Arbeit abzunehmen, wird beim Myopen von Donders dasselbe Verfahren in Anwendung gebracht, wiewohl ein solches Verfahren meiner Ansicht nach bei Myopie keinen anderen Zweck erfüllen kann, als den, dem Accommodationsmuskel, dessen Thätigkeit wir bei der Progression der Myopie zu fürchten haben, immer mehr und mehr Arbeit aufzubürden. Und hätte man es endlich durch dieses Vorgehen wirklich dahin gebracht, die relativen Accommodationsbreiten des Myopen dem des Emmetropen gleich zu machen, dann könnte man sich einer wahrhaft interessanten That rühmen. Die myopischen Augen, zum Sehen in die Nähe gebaut, könnten dann beim Weglegen der Brillen nicht blos nicht in die Ferne, sondern auch in die Nähe nicht deutlich sehen, da bei jeder Convergenz zu stark accommodirt würde. Wir haben es bei der Heilung der hypermetropischen Asthenopie durch Convexgläser als einen Nachtheil kennen gelernt, dass solche Hypermetropen, wenn sie einige Zeit die Brillen getragen, ohne Brillen auch für kurze Zeit nicht mehr deutlich in die Nähe zu sehen vermögen, aber gegen die Nöthigung, dem Accommodationsmuskel Arbeit abzunehmen, um das furchtbare Leiden der Asthenopie zu heilen, ist dieser Nachtheil ganz und gar verschwindend. Myopischen Augen aber das deutliche Sehen in die Nähe unmöglich zu machen, nur zu dem Zwecke, damit sie ihre Accommodation stärker anstrengen und mit kleineren Netzhautbildern arbeiten — denn ein anderer Zweck wird absolut nicht erreicht — das ist — nicht rationell. Donders hält die vollständige Neutralisation der Myopie nicht etwa blos für zulässig, sondern für geboten. „Bei höheren Graden von Myopie müssen sich junge Leute ohne Verzug an den Gebrauch von (neutralisirenden) Brillen gewöhnen.“ Als Beispiel wird ein 18jähriger mit $M\,{}^1/_{11}$ angeführt. Er bekommt zuerst $-\,{}^1/_{16}$, dann $-\,{}^1/_{11}$. Nach drei Jahren ist $M\,{}^1/_{10}$ da, Donders zögert nicht, ihm Gläser $-\,{}^1/_{10}$ zu geben und „wagt vorauszusetzen, dass die Myopie nicht mehr viel zunehmen werde.“ Ich weiss in der That nicht, worauf die Vorhersage, ausser man betrachtet sie wirklich als Wagniss, begründet ist. Ich glaube, die neutralisirenden Gläser werden das ihrige dazu beitragen, dass die Myopie, die sonst vielleicht stationär bliebe, noch weiter Fortschritte mache. Donders beschränkt sich übrigens nicht auf die Neutralisation von Myopie mittleren Gra-

des, sondern neutralisirt noch bis zu $M\,^1/_5$, gibt also noch neutralisirende Gläser — $^1/_{4\frac{1}{2}}$ für Nähe und Ferne. Erst bei $M > {}^1/_5$ wird das Glas in zwei zerlegt — ein Modus, der nach der früheren Darstellung unter allen Umständen bei $M > {}^1/_{12}$ stattzufinden hat.

Wenn man namentlich im Hinblick auf Myopie den Schuleinrichtungen die sorgfältigste Beachtung widmet, wenn man wegen eines Zolles „positiver" oder „negativer" Distanz der Schulbänke in heiligen Zorneseifer geräth — so wird es auch zweckmässig sein, der Brillenwahl eine grössere Aufmerksamkeit zuzuwenden, und von der möglichst zweckwidrigen Präscription, wie es jene neutralisirender Gläser für Nahe- und Fernesehen ist, abzugehen — falls wirklich, wie ich übrigens nicht glaube, die Donders'schen Regeln von dem Gros der Augenärzte befolgt werden sollten.

Das Gebiet der Ametropie können wir nicht verlassen, ohne noch der Anisometropie einige Aufmerksamkeit zuzuwenden. Das Wort Anisometropie wurde von Kaiser (1867) in die Ophthalmologie eingeführt. Darunter ist eine Verschiedenheit im Baue der beiden Augen eines Individuums zu verstehen. Ich verwahre mich aber gleich, dass das Wort in jener Bedeutung genommen werde, in welcher Kaiser selbst es genommen hat, nach welchem Isometropie und Anisometropie als „gleichmässiges" und „ungleichmässiges" „Binocularsehen" anzusehen sind. Wenn ein Emmetrope auf einem Auge eine Accommodationsparese bekommt, so hat er für alle endlichen Abstände ein „ungleichmässiges" Binocularsehen, er leidet an Anisometropie im Sinne Kaiser's, und dass ich Kaiser richtig verstehe, geht daraus hervor, dass der Fehler von Anisometropie, welchen Kaiser an seinen eigenen Augen, über deren Bau wir eigentlich nichts erfahren, beschreibt, in der That nichts anderes als eine Accommodationsschwäche eines Auges ist. Andererseits würden z. B., wenn Jemand ein emmetropisches und ein Auge mit $M\,^1/_{12}$ besitzt, und es träte in dem letzteren vollständige Accommodationslähmung ein, aus der Entfernung von 12" in beiden Augen deutliche Bilder entworfen, es bestände für den Abstand von 12" Isometropie, für die übrigen Entfernungen hingegen Anisometropie und ähnliches würde bei Emmetropie mit geschwächter Accommodation des einen und bei Hypermetropie mit normaler Accommodation des anderen Auges sich ereignen. Es ist ja aber gerade eine Errungenschaft der neueren Zeit, dass die Fehler im Baue des Auges von den Accommodationsfehlern scharf geschieden werden, und so wie die Ausdrücke Emmetropie und Ametropie mit der Accommodation des Auges nichts

zu thun haben, so sind auch die Bezeichnungen Iso- und Anisometropie ausschliesslich auf den Bau des Auges zu beziehen, wenn anders der in die Lehre der optischen Fehler eingebürgerte Wortschatz eine nützliche Bereicherung erfahren soll.

Die Anisometropie kann sowohl in atypischen als in typischen Baufehlern eines oder beider Augen ihren Grund haben. Anisometropie mit hochgradiger Hypermetropie Eines Auges in Folge von Hornhautabflachung lernten wir früher [1]) kennen, und die gleiche atypische Anisometropie wird gesetzt durch einseitige Staaroperation. Myopie eines Auges kann durch Keratoconus, stärkere Krümmung einer getrübten Hornhaut, Linsenluxation erzeugt werden, auch wurde ein interessanter Fall angeführt, in welchem bei vorbestehender Myopie beider Augen durch Abflachung der einen und stärkere Krümmung der anderen Hornhaut im Gefolge von Entzündungen Anisometropie $^1/_8$ erzeugt wurde [2]). Kaum eine praktische Bedeutung hat die erworbene Axenverkürzung in Folge der Vorrückung der Netzhaut an einem Auge, sowie die erworbene Axenverlängerung nach einseitiger Chorioiditis.

Die typische Anisometropie ist, wenn man ihre geringsten Werthe in Anschlag bringt, eine sehr gewöhnliche Erscheinung. Bei der klinischen Emmetropie besteht nicht selten eine Differenz in dem geringen Grade der bestehenden Hypermetropie. Bei Myopie, besonders Myopie höheren Grades, sind geringe Differenzen des Baufehlers eine sehr gewöhnliche Erscheinung, und vielleicht noch häufiger bei Hypermetropie, bei welcher die Refractionsdifferenz im Allgemeinen viel bedeutendere Werthe erreicht, als bei Myopie.

Sie brauchen, meine Herren! nur die verschiedenen Tabellen über Hypermetropie und Myopie zu betrachten, um die Häufigkeit des Refractionsunterschiedes zu constatiren. Wenn wir trotzdem schon früher zur Erörterung einzelner Punkte Fälle bedeutender Anisometropie anführten und auch jetzt wieder darauf zurückkommen, so geschieht dies, um von den Extremen zu sprechen und daran bestimmte Erörterungen zu knüpfen. Es kommt in dieser Hinsicht vor: Emmetropie des einen und hochgradige Myopie oder hochgradige Hypermetropie des anderen Auges; hochgradige Myopie des einen und hochgradige Hypermetropie (auch gepaart mit starkem Astigmatismus) des anderen Auges; beiderseitige Myopie oder beiderseitige Hypermetropie mit besonderer Refractionsdifferenz. Von der Differenz im Astigmatismus beider Augen sehen wir hier ab.

[1]) S. pag. 220. — [2]) S. pag. 457.

Diese Anisometropien sind nicht uninteressant hinsichtlich der Erörterung der Frage nach dem Wesen der Ametropie, und namentlich hinsichtlich der Frage, ob Myopie ohne angeborene Anlage sich entwickeln könne. Der berühmteste Vertreter von Darwin's Lehre in Deutschland, Ernst Häckel, führt in der That die verschiedene Entwicklung beider Augen auf das Gesetz der divergenten Anpassung zurück. Er sagt [1]): „Nach demselben Gesetze der divergenten Anpassung sind auch häufig die beiden Augen verschieden entwickelt. Wenn man sich z. B. als Naturforscher gewöhnt, immer nur mit einem Auge (am besten mit dem linken) zu mikroscopiren, und mit dem anderen nicht, so erlangt das eine Auge eine ganz andere Beschaffenheit, als das andere, und diese Arbeitstheilung ist von grossem Vortheil. Das eine Auge wird kurzsichtiger, geeignet für das Sehen in der Nähe, das andere Auge weitsichtiger, schärfer für den Blick in die Ferne. Wenn man dagegen abwechselnd mit beiden Augen mikroscopirt, so erlangt man nicht auf dem einen Auge den Grad der Kurzsichtigkeit, auf dem anderen den Grad der Weitsichtigkeit, welchen man durch eine weise Vertheilung dieser verschiedenen Gesichtsfunctionen auf beide Augen erreicht. Zunächst wird auch hier wieder durch die Gewohnheit die Function, die Thätigkeit der ursprünglich gleich gebildeten Organe ungleich, divergent; allein die Function wirkt wiederum auf die Form und die innere Structur des Organs zurück." Der berühmte Gelehrte verzeihe uns — aber das ist eines der unglücklichsten Beispiele, das zum Beweise für die Richtigkeit des Gesetzes der divergenten Anpassung hätte aufgeführt werden können — und würde einen ganz verwerflichen Rathschlag involviren, wenn wirklich durch denselben die „weise" Vertheilung der Gesichtsfunctionen auf beiden Augen erreicht werden könnte. Nein, wahrlich! wenn überhaupt schon von weisen Einrichtungen die Rede ist, so haben wir gewiss nicht dazu zwei Augen, um eines davon kurzsichtig zu machen und so wahrscheinlich uns des kostbarsten Gutes, das sich an den gemeinsamen Gebrauch der Augen knüpft, des stereoskopischen Sehens zu berauben. Aber es ist ganz und gar unrichtig, dass man Ein Auge willkürlich kurzsichtig zu machen im Stande sei; und wenn dies durch angestrengte Nahearbeit, durch angestrengte Accommodationsarbeit geschehen könnte, so wäre das „Mikroscopiren" die zu diesem Behufe allerunzweckmässigste Beschäftigung, weil man beim Mikroscopiren gar nicht zu accommodiren braucht. Es wird Ein Auge nur dann

[1]) Natürliche Schöpfungsgeschichte. 4. Aufl. 1873. pag. 222.

kurzsichtig werden, wenn die angeborene Anlage besteht. Wenn diese aber mangelt, dann kann man mit Einem Auge mikroscopiren, soviel man will, es wird nicht kurzsichtig werden. Wenn wirklich zu befürchten stände, dass Ein Auge auf diese Weise kurzsichtig würde, dann müsste man schon aus diesem Grunde strenge darauf dringen, dass beim Mikroscopiren stets mit den Augen alternirt würde. Dieser Rathschlag ist aber, ganz abgesehen von der Frage der Myopie, wie ich nebenbei bemerken will, sehr zu empfehlen, denn nicht gar so selten hat das jahrelange Mikroscopiren mit demselben Auge die Folge, dass ein eigenthümlicher Reizzustand sich in diesem Auge entwickelt, welcher dasselbe zum Mikroscopiren untauglich macht und die Last nun wieder dem anderen Auge allein aufbürdet.

Wenn auch nicht in der Weise, wie Häckel, und ohne irgend einen Vortheil in der Entwicklung der Anisometropie zu erblicken, glaubt auch Schneller, dass ein gewisser Grad von Anisometropie durch den verschiedenen Gebrauch der Augen bedingt werde. Nach Schneller, der sich an Kaiser's Ansicht anschliesst, wird, wenn ein nicht in der Mittellinie, sondern seitlich gelegenes, also dem einen Auge näheres, dem anderen ferneres Object fixirt wird, bei Isometropie mit dem ersteren Auge stärker, als mit dem zweiten accommodirt, damit in jedem Auge ein deutliches Netzhautbild zu Stande komme. Diese ungleichmässige Accommodationsanstrengung soll nun „jeden Menschen alle Tage und besonders bei Beschäftigungen mit kleinen Gegenständen" treffen. „Beim Lesen", sagt Schneller, „halte ich das Buch so, dass der Anfang der Zeilen ungefähr in der Medianebene liegt; bin ich am Ende einer nicht zu kurzen Zeile, so habe ich (das Buch auf 10" gehalten) eine Accommodationsdifferenz von ca. $^1/_{130}$, wobei das rechte Auge stärker accommodirt." Die Folge davon wäre, dass sich die Myopie am rechten Auge stärker entwickeln müsste, und Hypermetropie in diesem Auge geringer wäre und aus einer Zusammenstellung einer grösseren Anzahl von Myopen, die Schneller macht, ergibt sich, dass in 33·8% die Myopie beider Augen gleich, in 39·6% am rechten, dagegen nur in 26·6% am linken Auge grösser war. Daraus wird geschlossen, dass sich die Voraussetzung in Betreff der Wirkung der stärkeren Anspannung der Accommodation am rechten Auge durch die thatsächliche Beobachtung bestätigt. Auch bei Hypermetropie finden sich solche Verhältnisse, jedoch ist das Ueberragen der linksseitigen Hypermetropie in ihrem Werthe so unbedeutend, dass „hier der Rückschluss auf einen Einfluss stärkerer Accommodation auf dem rechten Auge gewagt erscheint." Zunächst sei bemerkt, dass auch die Schluss-

folgerung in Betreff des Ueberwiegens der Myopie des rechten Auges nach den gegebenen Daten gewagt erscheinen muss, denn richtig gefolgert ergibt sich, dass in 100 Fällen von Myopie nur 39·6mal die Myopie am rechten Auge stärker und dass in 60·4 Fällen dies nicht der Fall ist. Dann sei aber noch auf zwei Dinge hingewiesen. Ein aufgeschlagenes Buch liegt am Tische oder Pulte so, (im Allgemeinen wird das Buch nicht in der Hand gehalten, besonders nicht ein Foliant mit nicht zu kurzen Zeilen) dass die Mittellinie des Buches (die Grenze zwischen linker und rechter Seite) oder, dass der Anfang der Zeilen der Seite zur rechten Hand ungefähr in der Medianlinie der Blickebene liegt. Das wäre aber eine merkwürdige Buchlage, bei welcher der Anfang der Zeilen der linkshandigen Seite in der Mittellinie gelegen wäre. Für die letztere Seite ist aber das linke Auge beim Beginn des Zeilenlesens in derselben Lage, als das rechte Auge beim Ende des Zeilenlesens der rechten Seite, und was für das rechte Auge recht ist, muss für das linke billig sein. Der Schluss ist leicht zu ziehen. Aber gesetzt, es wäre wirklich richtig, dass wir mit beiden Augen verschieden accommodiren und dass im Momente der Isometropie das rechte Auge stärker als das linke accommodirt, sowie dass sich in Folge dessen am rechten Auge Myopie oder stärkere Myopie entwickelt, dann wird das rechte Auge gegen das Ende der Zeilen hin jetzt nicht mehr stärker accommodiren als das linke, aber für den Anfang der Zeilen muss nothgedrungen das linke Auge nunmehr stärker accommodiren, als das rechte. Auch der hieraus sich ergebende Schluss ist nicht verwickelt. Die stärkere Myopie des rechten Auges wird zunächst die Zunahme der Myopie des linken Auges, diese wieder das Wachsen der Myopie des rechten Auges u. s. f. bedingen, und schliesslich wird es zweifelhaft bleiben, welches Auge zuerst nachgibt, d. h. ich meine, in welchem Auge die Sclerotica zuerst nicht mehr nachgibt.

Gerade die Fälle von eclatanter Anisometropie zeigen, dass für den Bau des Auges nur die angeborene Anlage massgebend ist. Sowohl die Lehre von der absichtlichen disparaten directen Anpassung, als auch jene von der unabsichtlichen Erwerbung der Anisometropie stützt sich zunächst darauf, dass jedes Auge für sich anders accommodiren kann. Aber schon das ist nicht richtig. Es soll nicht geläugnet werden, dass Einzelne (wie dies ja auch Schneller unzweifelhaft vermag) bei gewissen forcirten Experimenten mit einem Auge etwas stärker accommodiren können, als mit dem anderen, aber beim binoculären Gebrauche der Augen ist das nicht nachzuweisen und dann vergesse man nicht, dass es sich bei Anisometropie nicht darum handelt, ob die eclatant

anisometropischen Augen gleich oder ungleich accommodiren, sondern dass man, wenn man die Entstehung der Anisometropie aus verschiedener Wirkung des Accommodationsmuskels in beiden Augen ableiten will, eben annehmen muss, dass die Augen, als sie noch isometropisch waren, so sehr verschieden accommodirten. Dass aber weder bei seitlicher Blickrichtung, noch auch bei Anisometropie ungleich accommodirt werde, darüber stimmen so ziemlich alle Beobachter (gegen Schneller) überein, so einerseits Hering, andererseits v. Graefe, Donders Schweigger. Auch sei hervorgehoben, dass die Differenz zwischen der manifesten Hypermetropie beider Augen (wenn *Hm* mit Bestimmtheit zu eruiren ist) gleich ist der Differenz der totalen Hypermetropie, was beweist, dass an beiden Augen ganz gleichmässig accommodirt wird. Wenn Ein Auge emmetropisch oder hypermetropisch bleibt und am anderen sich allmälig hochgradige Myopie entwickelt; wenn zwar beide Augen myopisch sind, das eine aber in viel höherem Grade, als das andere, so beweist das nur, dass Schädlichkeiten, die in dem Einen Auge, dem die angeborne Anlage zur Myopie fehlt, absolut keine Axenverlängerung zu erzeugen im Stande sind, solches in dem Auge mit angeborener Anlage zum Langbau vermögen, und dass, wenn die Widerstandsfähigkeit der Sclerotica in beiden Augen zwar, aber in verschiedenem Grade herabgesetzt ist, die gleiche Schädlichkeit in den zwei Augen einen verschiedenen Effect hervorbringt.

Fragen wir jetzt, in welcher Weise hochgradige Anisometropen ihre Augen verwenden. Bei den so häufigen Fällen geringer Anisometropie stören die wenig ungleichen Netzhautbilder den binoculären Sehact nicht. Es ist ja klar, dass, wenn wir nicht die selbstständige und jeden Moment für sich wechselnde Accommodation jedes Auges zulassen, auch isometropische Augen, z. B. beim Lesen, wenn nicht das Buch beständig hin- und hergeführt wird, in jedem Momente differente Netzhautbilder entwerfen. Aber auch bei hochgradiger Anisometropie kann binoculäres Sehen, kann ein vollständiges Verschmelzen der so sehr ungleichen Netzhautbilder vorkommen, und dies nicht blos bei typischer, sondern auch bei der durch einseitige Staaroperation erworbenen höchstgradigen Refractionsungleichheit, wie dies letztere v. Graefe bei jüngeren Individuen festgestellt hat. Es gibt Individuen, die gut in die Ferne und binocular sehen und die gar nicht wissen, dass sie auf einem Auge hochgradig kurzsichtig sind. Namentlich in Myopenfamilien wird man, wenn man die nicht kurzsichtigen Mitglieder untersucht, bisweilen an Einem Auge Myopie finden. Dass bei Anisometropie binoculärer Sehact besteht, davon überzeugt man sich mitunter schon bei

dem ersten Experimente, das dahin zielt, um etwa bestehenden Strabismus zu constatiren, oder zu prüfen, ob die Ablenkung eines Auges scheinbarer oder wirklicher Strabismus sei. Hat man nämlich zunächst ein Auge verdeckt und lässt das andere fixiren, und entfernt man hierauf die deckende Hand, so kann es sich herausstellen, dass das Auge unter der deckenden Hand abgelenkt war und nun in die Fixationsstellung zurückkehrt. Ein solches Verhalten ist nur im Dienste des Einfachsehens denkbar. Ebenso ist Binocularsehen zu erschliessen, wenn man vor ein Auge ein Prisma mit der Kante nach innen vorsetzt, und dieses Auge unter dem Prisma nach innen schielt. Eine solche Schielstellung kann nur zum Zwecke der Vermeidung von Doppelbildern erfolgen. Diese Thatsachen beweisen die Scheu vor Doppelbildern. Besser ist es in jedem Falle, directe das Vorhandensein des Binocularsehens durch den Nachweis der richtigen Schätzung der Entfernungen bei Ausschluss der Augenbewegungen sicherzustellen. Ein wegen seiner Einfachheit und der Möglichkeit der allgemeinen Anwendung unschätzbares Mittel liefert uns der Hering'sche Fallversuch. Wir bedienen uns zur Anstellung desselben des von van der Meulen angegebenen Apparates [1]). Das Wesen des Hering'schen Fallversuches besteht darin, dass, wenn man mit beiden Augen durch eine Röhre nach einem ausserhalb der Röhre in der Medianlinie gelegenen feinen Objecte blickt und jetzt kleine Kugeln vor und hinter dem Fixirpunkte herabfallen, der Binocularsehende jedesmal bestimmt weiss, ob die Kugel vor oder hinter dem Fixationsobjecte gefallen, auch wenn die Zeit, während welcher die fallende Kugel im Gesichtsfelde blieb, so kurz war, dass eine Augenbewegung nicht ausgeführt werden konnte. Bei Verschluss Eines Auges vermag man aber nicht anzugeben wo die Kugel gefallen sei, es handelt sich da um ein einfaches Rathen. Der Intelligente wird unter solchen Umständen übrigens häufig eine Antwort verweigern, weil er sich bewusst wird, er rathe blos. Um alle möglichen Irrthümer, die daraus erwachsen könnten, dass dem Auge bei mangelndem binoculärem Sehacte durch nebensächliche Umstände Anhaltspunkte über den Ort der fallenden Kugel geliefert würden, hat van der Meulen dafür gesorgt, dass (abgesehen davon, dass die Zeit, während welcher die fallenden Kugeln sichtbar sind, hinlänglich kurz ist) die Kügelchen alle gleich lang im Gesichtsfelde bleiben, also je weiter vom zu Prüfenden entfernt, mit desto grösserer Geschwindigkeit den Blickraum durcheilen, mithin von desto grösserer Höhe herabfallen, sowie, dass die Netzhautbilder der fallenden Kugeln stets die gleiche

[1]) Graefe's Archiv XIX. 1. pag. 113.

Grösse haben, die Kugeln demnach einen um so grösseren Durchmesser bekommen, in je grösserem Abstande vom Auge vorbeizufallen sie bestimmt sind. v. d. Meulen lässt durch eine 100 Millimeter lange Röhre blicken, an deren den Augen abgewendetem Ende ein verenger- und erweiterbarer horizontaler Spalt angebracht ist, dessen Weite die Zeitdauer bestimmt, während welcher die Kügelchen sichtbar bleiben. Es wird berechnet, dass, wenn der Spalt eine Weite von 30 M^{m}· hat, die Kügelchen nur noch ungefähr $^1/_{20}$ Secunde im Gesichstfelde bleiben, während nach Hering $^1/_{10}$ Secunde zur Ausführung einer Augenbewegung nöthig ist. Möchte man, meint v. d. Meulen, $^1/_{20}$ Secunde zu lange finden, so kann man den Spalt auf 15 M^{m}· verengern, wobei die sichtbare Fallstrecke in ca. $^1/_{40}$ Secunde durchlaufen wird. Ich will bemerken, dass auch die letztere Spaltweite noch eine unverhältnissmässig grosse ist. Kein binoculär Sehender wird über die Entfernung sich täuschen, wenn die Spalte an v. d. Meulen's Röhre nur 5 Millimeter weit ist. Ich (und Andere) irren nie, wenn die Spalte nur zwei Millimeter weit klafft, und ich will nicht sagen, dass dieser Werth bereits die äusserste Enge der Spalte repräsentirt, bei welcher noch jedesmal die Entfernung richtig beurtheilt wird. Wenn am Spalte die Beugungserscheinungen schon hervortreten und die Kugeln nur als gestaltlose Schatten den Blickraum durcheilen, wird die Entfernung noch richtig geschätzt. Gibt der Untersuchte ca. 20mal den Fall der Kugel richtig an, dann besteht binoculäres Sehen. Einmal, zweimal mag er unter 20mal irren, was aber nur dann geschieht, wenn er zufällig überhaupt nicht gehörig auf das Experiment geachtet hat. — Nimmt aber die Zahl der falschen Angaben beträchtlich zu, dann kann man Binocularsehen nicht zugeben, selbst wenn die Zahl der unrichtigen Angaben nicht die Hälfte übersteigt, selbst wenn sie sie nicht einmal erreicht, denn ein wirklich binoculär Sehender, wenn er auf das Experiment achtet, fehlt nie. Sowie überhaupt zur Prüfung des Binocularsehens, so wird man auch bei Anisometropie den Fallversuch verwenden und sich so am leichtesten überzeugen, ob gemeinschaftlicher Sehact besteht.

In einer anderen Zahl von Fällen ist bei Anisometropie zwar im Momente kein gemeinschaftlicher Sehact nachzuweisen, aber er bestand früher und ist wieder herzustellen. Wenn bei Emmetropie des einen und Myopie des anderen Auges oder bei ungleicher Myopie beider Augen die Myopie an dem einen Auge zunimmt, kann es dahin kommen, dass das Netzhautbild in diesem Auge so undeutlich wird, dass es die Eigenschaft der Wahrnehmbarkeit verliert. Besteht unter solchen Umständen z. B. Uebergewicht der Externi, so wird sich absoluter divergirender Stra-

bismus einstellen. Es hat nicht etwa der binoculäre Sehact in einem solchen Falle an Werth verloren und nicht desshalb konnte sich Strabismus divergens entwickeln. Das Auge sieht vielmehr überhaupt zu wenig, um am binoculären Sehacte theilnehmen zu können. Dass der binoculäre Sehact nicht an Werth verloren hat, geht daraus hervor, dass er sich, wenn die Muskelverhältnisse es überhaupt gestatten, wieder herstellt, dass der Strabismus verschwindet, sobald man dem Bilde des stark myopischen Auges wieder eine bestimmte Deutlichkeit verschafft.

Es ist überhaupt interessant zu untersuchen, welche Ausgleichung der Refraction bei Anisometropie nothwendig ist, um den binoculären Sehact wieder herzustellen. Z. B. Norer Anton, 13 Jahre alt, hat rechts ohne Glas $S\,{}^{20}/_{30}$, mit $-\,{}^{1}/_{60}\;S\,{}^{20}/_{20}$; links ohne Glas ${}^{10}/_{200}$, mit $-\,{}^{1}/_{10}\;S\,{}^{20}/_{20}$. Anisometropie $=\,{}^{1}/_{12}$. Die unbewaffneten Augen sehen beim Fallversuch nicht binocular, die neutralisirten dagegen vollkommen. Es ist jedoch zu diesem Behufe die Neutralisation nicht nothwendig. Setzt man vor das linke Auge, bei neutralisirtem rechtem Auge, Concavgläser mit steigender Stärke, so erhält man das constante Resultat, dass ${}^{1}/_{24}$ das schwächste Glas ist, durch welches der binoculäre Sehact für die beim Fallversuche vorkommenden Abstände hergestellt wird. Es besteht da noch Anisometropie ${}^{1}/_{17}$, da jetzt rechts E, links $M\,{}^{1}/_{17}$.

In einer dritten Reihe von Fällen — und das sind die häufigsten — besteht bei Anisometropie höheren Grades kein gemeinschaftlicher Sehact und ist auch nicht herzustellen. Ist dabei das eine Auge emmetropisch, das andere mässig oder auch hochgradig myopisch mit relativ guter Sehschärfe, dann besteht jene Einrichtung, die Häckel preist. Es wird das eine Auge ausschliesslich zum Fernsehen, das andere ausschliesslich zum Nahesehen verwendet. Es geschieht aber auch, dass das emmetropische Auge für die gewöhnlichen Beschäftigungen des Lesens und Schreibens dient, und nur für feine Arbeiten das myopische Auge eintritt.

Es kommt endlich 4. vor, dass überhaupt nur Ein Auge das Sehen für die Ferne und Nähe besorgt, das andere aber gar keinen Antheil nimmt. Dabei ist das gebrauchte Auge emmetropisch oder nahezu emmetropisch, das andere höchstgradig kurzsichtig, oder hochgradig hypermetropisch, auch wohl astigmatisch. Oder es ist ein Auge höchstgradig kurzsichtig, das andere hochgradig hypermetropisch (und astigmatisch). dann ist es das kurzsichtige Auge, welches zum Sehen in die Nähe und Ferne verwendet wird. Solche Fälle nach den Angaben der Individuen und nach der subjectiven Prüfung zu beurtheilen, kann, wenn

man nicht schon in diesem Punkte einige Erfahrung hat, ziemlich schwierig werden. Den grössten Triumph auf dem Gebiete der optischen Fehler feiert gerade in diesen Fällen der Augenspiegel. Ein Blick mit dem Spiegel — und Klarheit ist gewonnen. So habe ich schon gesehen, wie selbst Geübte, z. B. in folgendem Falle fehlgingen. Jemand, der mit dem rechten Auge bisher gut gesehen, klagt wegen eines neu aufgetretenen Leidens dieses Auges, zugleich aber, dass er mit dem linken nie etwas gesehen habe. Das rechte Auge interessirt uns nicht weiter. Man schreitet zur Prüfung des linken. Man gibt Schriftproben zu lesen, Patient hält sie in der gewöhnlichen Leseweite, und in der That, er liest nicht einmal 24 Jäger, auch wenn er die Schrift um ein paar Zoll annähert. Man macht die Fernprobe, das linke Auge erkennt auf 20, auch auf 10′ nicht *CC* (200) Snellen. Man versucht Convexgläser, keine Besserung. Man versucht Concavgläser, wohl auch starke Concavgläser bis — $^1/_6$, — $^1/_5$; keine Besserung. Man erklärt hierauf, es bestehe keine Refractionsanomalie, sondern eine höchstgradige Amblyopie. Kennt man aber die Sachlage, weiss man, um was es sich bei dieser angeblichen Erblindung gar nicht selten handelt, dann nähert man mit einem kühnen Rucke die Schriftzeilen bis zur Nase, und siehe da! es wird jetzt Nr. 1 gelesen. Für die Ferne nützt freilich — $^1/_6$, — $^1/_5$ nichts, aber stärkere Gläser als — $^1/_3$ (manchmal ist auch — $^1/_2$ noch nicht corrigirend) stellen auch eine gewisse Fernsehschärfe her. Hätte man sofort mit dem Spiegel untersucht, so hätte Einem die höchstgradige Myopie des linken Auges nicht entgehen können. Einen anderen Zustand will ich casuistisch vorführen. Ein 21jähriger Studiosus phil. kommt mit der Klage, dass er an beiden Augen sehr kurzsichtig sei und dabei auch auf dem rechten Auge besonders schlecht sehe. Das linke Auge liest Nr. 1 auf $5^3/_4$″ und erkennt auf 10′ kaum den Buchstaben 200 Snellen. An der Myopie ist nicht zu zweifeln. Das rechte Auge entziffert nur bei Annäherung bis auf $3^3/_4$″ keine kleinere Schrift, als 18 Jäger, man denkt an eine schwere Erkrankung der Netzhaut bei hochgradiger Myopie, aber bei der Fernprüfung erkennt dieses Auge, sowie das linke, das grosse *E* auf 10′. Damit ist schon erwiesen, dass das rechte Auge unmöglich kurzsichtig sein könne, denn es ist unmöglich, dass ein Auge mit $M^1/_4$ und so herabgesetzter Sehschärfe, dass nur Nr. 18 Jäger auf $3^3/_4$″ gelesen wird, noch Snellen 200 auf 10′ erkennt. Das linke Auge hat mit — $^1/_6$ $S^{10}/_{20}$ voll. Am rechten Auge kann man sich den Versuch mit Concavgläsern ersparen, auch Convexgläser verbessern nicht merklich. Der Augenspiegel zeigt am linken Auge die Glasmyopie, am rechten $H^1/_{12}$ und hochgradigen Astigmatis-

mus. Durch ein convexcylindrisches Glas $^1/_{10}$ wird S auf $^{10}/_{100}$ gehoben. Combinirt man dieses Cylinderglas mit $^1/_8$ sphärisch, dann wird Nr. 15 Jäger auf 6″ gelesen.

Ja, wird man sagen, es entspricht doch nach den Autoren der Ametropie ein bestimmter, schon äusserlich kennbarer Augen- und Gesichtsbau, und bei Anisometropie eine entsprechende asymmetrische Gesichts- und Augenbildung, so dass man doch aus diesen Verhältnissen allein das Leiden sofort erkennen muss. Nun, wir haben gesehen, dass diese Angaben mit einiger Zurückhaltung aufzunehmen sind, aber gerade bei Anisometropie kann uns die genauere Betrachtung der Augen in der That häufig Anhaltspunkte geben. Wenn wir entscheiden sollen, ob bei gleicher Bildung beider Augen Myopie oder Hypermetropie besteht, so kann uns schon das kleine Malheur passiren, dass wir den entgegengesetzten Augenbau diagnosticiren. Aber wenn es sich nicht darum handelt, ein absolutes, sondern nur ein relatives Urtheil abzugeben, dann können wir nicht selten constatiren, dass das eine Auge stärker prominire und dabei im Aequator bulbi flacher, daher länger als das andere sei. Manchmal ist es übrigens nur die stärkere Prominenz, die feststeht. Ich will z. B. ausdrücklich bemerken, dass ich für den letztgenannten Studiosus trotz des entgegengesetzten stark differirenden Baues beider Augen verzeichnet finde: „Linker Bulbus etwas prominirend, Pupillen beiderseits gleich weit, vordere Kammer an beiden Augen gleich tief. Scleroticalkrümmung beiderseits auf Langbau deutend, kaum verschieden.“ Was die Asymmetrie der Gesichtsbildung anlangt, so dürfen wir diese schon gar nicht mit einiger Bestimmtheit erwarten, ausdrücklich will ich aber erwähnen, dass bei sehr ausgesprochen asymmetrischer Gesichtsbildung beide Augen den gleichen Bau darbieten können.

Was die Muskelverhältnisse anisometroper Augen anlangt, so sind die Fälle, in denen gemeinschaftlicher Sehact besteht, denselben Verhältnissen unterworfen, wie isometropische Augen mit binoculärem Sehacte vom Baue des besseren Auges. Besteht kein gemeinschaftlicher Sehact, dann folgen die Muskeln einfach ihren dynamischen Verhältnissen, und es kann sich da absoluter Strabismus divergens oder convergens entwickeln, je nach dem Ueberwiegen der äusseren oder inneren geraden Augenmuskeln. Es kann aber auch — und das ist bei allen möglichen Baudifferenzen der häufigere Fall — eine nachweisliche Ablenkung eines Auges beim Blick in die Ferne mangeln. Beim Sehen in die Nähe kommt es darauf an, ob das hierbei verwendete Auge zum deutlichen Sehen einer Accommodationsanstrengung bedarf oder nicht.

Im ersteren Falle sieht man auch beim Sehen in die Nähe häufig keinen Strabismus auftreten. In letzterem Falle zeigt sich dagegen gewöhnlich das eigenthümliche Bild, dass die Augen auch beim Nahesehen den Parallelismus der Blicklinien beibehalten, also relativer Strabismus divergens auftritt. Ist z. B. das eine Auge emmetropisch, hat das andere etwa $M^1/_6$, und wird dieses letztere zum Nahesehen verwendet, so wird, da Accommodation nicht nothwendig ist und kein gemeinschaftlicher Sehact besteht, das Naheobject auf 6" herangebracht, ohne dass die Augen ihren Parallelismus aufgeben. Ist ein Auge hypermetropisch, das andere myopisch oder emmetropisch; besteht gleichzeitig Insufficienz der Musc. recti interni und ist jedes Auge in genügendem Grade sehfähig, dann lässt sich nach Alf. Graefe beobachten, dass, wenn man das hypermetropische Auge fixiren lässt, das andere unter der deckenden Hand nach innen abweicht, indem jetzt im Dienste starker Accommodation stark convergirt wird, während das hypermetropische Auge unter der deckenden Hand nach aussen abgelenkt erscheint, wenn das nichthypermetropische fixirt. Besteht an jedem Auge, wenn es ausgeschlossen wird, Divergenz, dann ist dieselbe am nichthypermetropischen Auge geringer als am hypermetropischen.

Bestand gemeinschaftlicher Sehact, geht derselbe aber wenigstens für gewisse Distanzen wegen Zunahme der Anisometropie verloren, dann werden sich die Muskeltendenzen kundgeben, und da dieser Fall nur bei Myopie vorkommen kann, so wird, wenn eine Ablenkung eintritt, Strabismus divergens sich entwickeln.

Früher haben wir schon einige Fälle von Anisometropie besprochen im Hinblick auf die Hornhautradien in der Gesichtslinie [1]), auf die Ausdehnung des Sehfeldes [2]), auf die Ausdehnung des blinden Fleckes und dessen Abstand vom Fixationspunkte [3]), — wir wollen hier noch einige Messungen über Winkel α und γ und über die Lage des Drehpunktes beifügen. In der Tabelle XVI sind (pag. 702) 5 Fälle verzeichnet, die ersten vier entsprechen Fall I, II, IV, VI von früher (pag. 454), als Fall VII ist der zuletzt besprochene angeführt. Bei genauer Beachtung nicht sowohl der Grössen der Winkel α, als vielmehr der Grössen der einzelnen Radien wird man eine Unterstützung der früher ausgesprochenen Ansicht finden, dass der Langbau die Krümmung der Hornhaut beeinflusse. Im Fall VI wurde unter allen Augen, die ich überhaupt gemessen habe, der kleinste Hornhautdurchmesser, im myopischen Auge des Falles IV der grösste Winkel α gefunden.

---

[1]) S. pag. 454. — [2]) pag. 513. — [3]) pag. 529.

Tabelle XVI. Anisometropie.

I. Nr.	II. Alter und Geschlecht	III. Auge	IV. Refraction	V. Radius der Hornhaut in der Gesichtslinie	VI. Radius der Hornhaut 20° nach innen von der Gesichtslinie	VII. Radius der Hornhaut 20° nach aussen von der Gesichtslinie	VIII. Winkel α	IX. Winkel γ	X. Horizontal-Durchmesser der Hornhaut	XI. Lage des Drehpunkts hinter der Hornhautsehne
I	24 M.	R.	$M\,1/5{\cdot}5$	$7{\cdot}73_{615}$	$8{\cdot}07_{835}$	$8{\cdot}00_{205}$	— 1° 15′ 56″	+ 4°		
		L.	$M\,1/14$	$7{\cdot}92_{580}$	$8{\cdot}11_{660}$	$8{\cdot}04_{020}$	— 2° 33′ 49″	+ 1°		
II	38 M.	R.	E	$7{\cdot}54_{755}$	$7{\cdot}77_{375}$	$7{\cdot}62_{245}$	+ 5° 6′	+ 5°		
		L.	$M\,1/6{\cdot}6$	$7{\cdot}24_{840}$	$7{\cdot}58_{520}$	$7{\cdot}36_{015}$	+ 5° 4′ 39″	0°		
IV	52 M.	R.	$M\,1/5{\cdot}5$	$7{\cdot}69_{830}$	$7{\cdot}88_{775}$	$7{\cdot}66_{055}$	+ 14° 24′ 20″	+ 4°	12·17	12·23
		L.	E	$7{\cdot}62_{245}$	$8{\cdot}07_{835}$	$7{\cdot}69_{830}$	+ 7° 12′ 16″	+ 6°	12·17	12·23
VI	46 M.	R.	$M\,1/3{\cdot}75$	$7{\cdot}48_{075}$	$7{\cdot}77_{375}$	$7{\cdot}58_{520}$	+ 4° 49′ 2″	+ 4°	10·77	13·33
		L.	E	$7{\cdot}58_{520}$	$8{\cdot}50_{200}$	$7{\cdot}84_{975}$	+ 5° 26′ 40″	+ 4°	10·77	12·39
VII	21 M.	R.	$H\,1/12 + Ah\,1/10$	$7{\cdot}96_{390}$	$9{\cdot}04_{600}$	$7{\cdot}96_{390}$	+ 10°	+ 10°	11·89	11·42
		L.	$M\,1/6{\cdot}5$	$7{\cdot}58_{520}$	$8{\cdot}07_{835}$	$7{\cdot}81_{190}$	+ 2° 57′ 16″	+ 4°	11·89	12·46

Gehen wir zur Brillenwahl bei ungleicher Refraction der Augen über für den Fall, dass überhaupt nur Ein Auge für Ferne und Nähe verwendet wird, so wird begreiflicher Weise nur dieses nach allgemeinen Regeln behandelt. Das zweite Auge kann durch separate Uebung und zwar je nach seinem Baue mit oder ohne Convexgläser vor zunehmender Amblyopia ex anopsia bewahrt und es kann das schon sehr gesunkene Sehvermögen durch solche zwei- oder 3mal im Tage durch kurze Zeit vorgenommene Uebungen nicht selten zu ganz erstaunlicher Höhe wieder gehoben werden. Doch glaube man ja nicht, dass alle so ausgeschlossenen Augen, weil sie ausgeschlossen sind, schlecht sehen müssen, kommt doch selbst bei monolateralem Strabismus intacte Sehschärfe des schielenden Auges vor. Wird bei mangelndem Binocularsehen das eine Auge ausschliesslich zum Sehen in die Ferne, das andere zum Sehen in die Nähe benützt, dann wird man, wenn es nach allgemeinen Regeln angezeigt ist, das eine Auge durch ein entsprechendes Glas für die Ferne, das andere für die Nähe unterstützen, jede der beiden Brillen wird für das unbenützte Auge ein Planglas enthalten. Besteht binocularer Sehact, dann sind die einzelnen Fälle zu unterscheiden; besprechen wir zunächst die Fernbrille. Ist ein Auge emmetropisch, dann wird man sich um die Refraction des anderen Auges nicht kümmern, weil ja überhaupt ohne Brille deutlich in die Ferne gesehen wird. Sind beide Augen myopisch, so fragt es sich, ob man die Myopie jedes Auges (nach den allgemeinen Gesetzen) corrigiren soll oder kann. Die Wirkung des Accommodationsmuskels kommt hierbei natürlich nicht in's Spiel. Donders meint, dass, wenn wir die Myopie jedes Auges neutralisiren, die Netzhautbilder ungleich sind und wegen dieser Ungleichheit nicht verschmolzen werden. Das kann aber doch, wenn wirklich solche Bilder nicht verschmolzen werden, nicht die Ursache der Erscheinung sein. Wenn bei Neutralisation des Auges mit schwächerer Myopie und bei Bewaffnung des starkmyopischen Auges mit demselben Glase die Bilder verschmolzen werden, so sind sie ja dabei viel ungleicher. und wenn bei Neutralisation beider Augen Beschwerden beim Binocularsehen entstehen, so kann das nicht darin den Grund haben, dass die Bilder zu ungleich, sondern darin, dass sie zu gleich sind, und es ist klar, dass die Beschwerden sich in einem solchen Falle noch steigern müssten, falls wir die Bilder beider Augen **gleich** machen könnten (oder sie wirklich durch bestimmte Gläsercombination gleich machen). Donders gibt bei myopischer Anisometropie entweder für beide Augen dasselbe Glas, jenes welches die schwächere Myopie corrigirt, oder er gibt zwar differirende Gläser, jedoch so, dass der Refrac-

tionsunterschied $^1/_{40}$ oder $^1/_{30}$ nicht übersteigt. Die Erfahrung zeigt, dass sich die Augen bei ungleicher Myopie gegen differente Gläser sehr verschieden verhalten, dass aber die Refractionsdifferenz an und für sich kein Massstab ist, ob die jederseits neutralisirenden Gläser vertragen werden oder nicht. Sowie es unrichtig ist, dass die ungleichen Gläser desshalb nicht vertragen werden, weil die Netzhautbilder zu ungleich sind, so ist es überhaupt nicht richtig, dass sie nicht vertragen werden können. A priori lässt sich das, wie gesagt, in einem speciellen Falle nicht entscheiden, schon desshalb nicht, weil es Augen gibt, die selbst die von Donders gestattete Brillendifferenz zurückweisen. In jedem solchen Falle versuche man also zunächst die Correction jedes Auges (nach den früher angegebenen Regeln) und scheue sich durchaus nicht, auch bei noch so grosser Refractionsdifferenz die entsprechende Fernbrille oder den entsprechenden Nasenzwicker zu geben, wenn die Brille keine Beschwerden macht. Erzeugt sie solche, dann gebe man dem stärker myopischen Auge das stärkste Glas, das noch im Vereine mit dem anderen keine Unannehmlichkeiten bereitet. Durch die möglichst vollständige Correction wird nämlich, wenn auch das Binocularsehen nicht gewinnen kann, die binoculäre Sehschärfe gehoben. Ist das stärker myopische Auge das sehtüchtigere, was ja auch und noch dazu gar nicht so selten vorkommt, dann versteht es sich von selbst, dass man dasselbe corrigirt; unter solchen Umständen dürften Beschwerden nie eintreten. Die möglichst vollständige Correction gewinnt aber eine noch höhere Bedeutung, wenn das stärker myopische Auge bei Zunahme der Myopie durch das dem anderen Auge entsprechende Glas so undeutliche Bilder bekommt, dass es dieselben nicht mehr verwerthen kann und der eintretende Verlust des Binocularsehens sich durch die Entwicklung von Strabismus kundgibt. Der sub I in der letzten Tabelle angeführte 24jährige Myope begann nach aussen zu schielen, während er $-\,^1/_{18}$ trug. Er bekam rechts $-\,^1/_{18}$, links $-\,^1/_5$ für die Ferne. Die Gläser mit einer Refractionsdifferenz von mehr als $^1/_8$ wurden vertragen und dass die Bilder wirklich verschmolzen werden, geht daraus hervor, dass unter diesem Zwicker sofort der Strabismus verschwand.

Auch bei hypermetropischen Anisometropen, welche Fernbrillen tragen, kann man ohne weiters die jederseitige Correction von H^{m} versuchen, und es wird dieselbe auch in der Regel gelingen. Bei höherer Myopie des einen, höherer Hypermetropie des anderen Auges dürfte die Möglichkeit gemeinsamen Sehactes nur dann bestehen, wenn beide Augen myopisch waren und auf einem Cataractextraction gemacht wurde.

Dann kann bei vorbestehender Myopie $^1/_6$ an einem Auge $M^1/_6$, am andern $H^1/_6$ da sein, aber diese Augen, die früher mit gleichen Bildern zu sehen gewohnt waren, werden, wenn man jetzt jedes Auge durch das entsprechende Glas corrigirt und dadurch sehr wesentlich differente Bilder erzeugt, kaum dieselben zu verschmelzen im Stande sein. Möglich ist es nach Graefe's Beobachtung bei einseitiger Staaroperation gerade nicht, aber ich sah es nicht.

Bei der Verordnung von Gläsern für die Nähe wird, wenn überhaupt nur Ein Auge wirklich brauchbares Sehvermögen hat, nur dieses berücksichtigt werden. Wird bei Emmetropie des einen und Myopie des anderen Auges ausschliesslich dieses letztere zum Nahesehen verwendet, dann kann es unter Umständen gerathen erscheinen, das myopische Auge von der Nahearbeit zu entlasten, doch wird man zu diesem Zwecke das emmetropische, das zu accommodiren ungeübt ist, in der Regel dann durch ein Convexglas unterstützen müssen. Bei binoculärem Sehact wird, wenn Ein Auge emmetropisch ist, für die Nähe erst dann eine Brille und zwar ein Convexglas gegeben, wenn in Folge des zunehmenden Alters die Accommodationsbreite abnimmt. Thut man das nicht, so beobachtet man, wie jetzt das andere Auge, wenn es myopisch ist, zum Nahesehen verwendet wird, was vordem nicht geschah. Sind beide Augen myopisch, ist aber die Myopie des einen so gering, dass mit diesem noch in der gewöhnlichen Arbeitsweite deutlich gesehen wird, so gebe man keine Nahebrille. Bei eintretender Presbytie muss man ein Convexglas geben, wenn man nicht will, dass das stark myopische Auge ausschliesslich in Verwendung komme. Ist die Myopie der anisometropischen Augen von solcher Art, dass auch schon das Auge mit schwächerer Myopie eines Concavglases zur Hinausrückung des Fernpunktes bei der Nahearbeit bedarf, dann kann man wieder differente Gläser, wie sie jedem einzelnen Auge entsprechen, versuchen, und im Falle diese nicht vertragen werden, doch die Refractionsdifferenz möglichst ausgleichen. Kommen Convexgläser bei Hypermetropie in Verwendung, so kann man auch da, wie für die Ferne, so auch für die Nähe differente Gläser geben. Denn eine ungleiche Accommodation der Augen kommt nicht, oder doch so ausnahmsweise vor, dass dieses Moment bei allgemeinen Regeln nicht berücksichtigt zu werden braucht.

Vier und zwanzigste Vorlesung.

Astigmatismus.

Meine Herren! Zu Ende der dritten Vorlesung haben wir uns vorgenommen, zunächst jene optischen Fehler zu behandeln, bei denen ein Missverhältniss zwischen der Lage des hinteren Brennpunktes des dioptrischen Apparates und der Lage der Netzhaut besteht — und dann zu den wirklichen Refractionsfehlern des Auges überzugehen. Den ersten Theil unserer Aufgabe haben wir erst mit der 23. Vorlesung beendigt. Von den Refractionsfehlern, die jetzt an die Reihe kommen, sind nur die Fehler der monochromatischen Aberration zu besprechen, für welche von Whewell (1846) der Name Astigmatismus eingeführt ward. Des Wortes Bedeutung haben wir eben in jener dritten Vorlesung kennen gelernt und dortselbst auch gehört, dass die monochromatische Aberration eine zweifache ist, dass nämlich weder die in einem einzigen Meridian des Auges auffallenden von Einem Leuchtpunkte kommenden Strahlen wieder zu einem Punkte vereinigt werden, noch dass, wenn wir schon von dieser Mangelhaftigkeit absehen, die in den verschiedenen Meridianen des Auges durchgehenden Strahlen Eines Leuchtpunktes in demselben Punkte ihre Vereinigung finden, d. h., dass die einzelnen Meridiane des Auges das Licht in verschiedener Weise brechen. Die letztere Art des Astigmatismus wird mit dem Namen des regulären (regelmässigen), die erstere mit jenem des irregulären (unregelmässigen) Astigmatismus belegt.

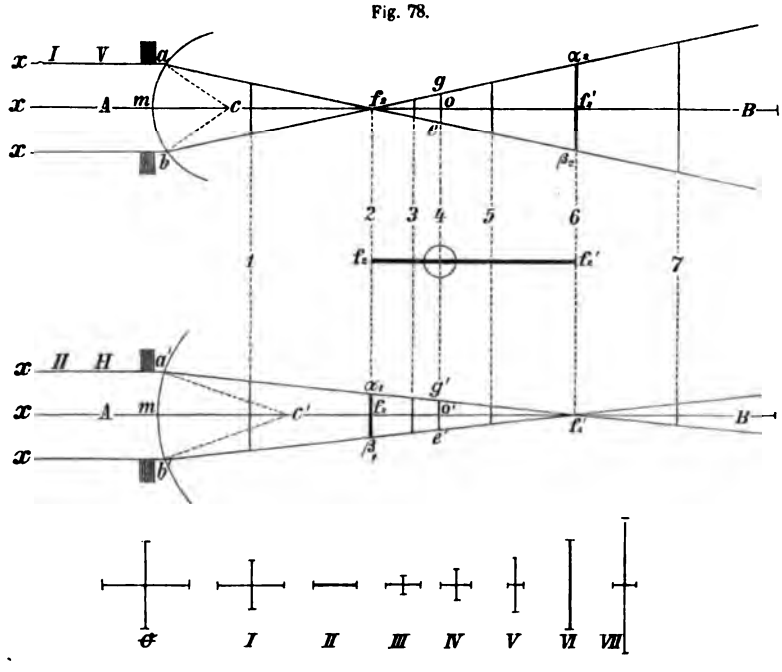
Regulärer Astigmatismus.

Indem wir zunächst den regelmässigen Astigmatismus besprechen wollen, wird es vor Allem nothwendig zu erfahren, in welcher Weise ein Lichtbündel durch eine in ihren einzelnen Meridianen verschieden gekrümmte Fläche gebrochen wird, und worin die Wesenheit und die Wirkung der sogenannten Cylinderlinsen beruht.

Fällt (Fig. 78) von dem unendlich entfernten Leuchtpunkt x durch ein kleines kreisförmiges Diaphragma vom Durchmesser $ab = a'b'$ ein Bündel paralleler Strahlen auf die brechende Fläche, deren verticaler Durchschnitt durch IV, deren horizontaler durch IIH gegeben ist und ist dabei der verticale Durchschnitt der stärkst-, der horizontale der schwächstgekrümmte Meridian der brechenden Fläche, dann wird sich der Gang der in den beiden genannten Meridianen gebrochenen Lichtstrahlen in folgender Weise gestalten. AB sei eine den verschiedenen Meridianen der krummen Fläche gemeinsame Axe. Die Meridiane

V und H können wir uns in den Strecken $a\,b$ und $a'\,b'$ kreisförmig gekrümmt denken, indem wir an die Stelle der Curve den osculirenden Kreis höchster Ordnung, d. h. den dieser Curve zumeist sich annähernden Kreis setzen, mc und mc_1 seien die Radien der beiden oscu-

Fig. 78.



lirenden Kreise. Die sowohl im verticalen als im horizontalen Meridian auffallenden Strahlen lassen wir den gewöhnlichen Brechungsgesetzen folgen, von der monochromatischen Aberration des einzelnen Meridians sehen wir ab. Die Normalen der Einfallspunkte a und b, sowie der Einfallspunkte a' und b' sind die Radien $a\,c$ und $b\,c$, $a'\,c'$ und $b'\,c'$. Die Normale eines Curvenpunktes ist im Allgemeinen die auf der Tangente des betreffenden Punktes in diesem Punkte senkrechte Linie, für den Kreis ist es daher der zu dem betreffenden Punkte gezogene Radius. Er repräsentirt das Einfallsloth, welches mit dem einfallenden und dem gebrochenen Strahl in derselben Ebene liegt. Die im verticalen Meridian einfallenden parallelen Strahlen $x\,a$ und $x\,b$, sowie die dazwischen liegenden bleiben daher nach der Brechung in der Ebene der Zeichnung und vereinigen sich in dem in der Axe gelegenen hinteren Brennpunkte f_2. Ein Gleiches findet für die horizontalen Strahlen $x\,a'$ und $x\,b'$ statt, nur mit dem Unterschiede, dass der hintere Brennpunkt dieser Strahlen f'_2

wegen der schwächeren Krümmung dieses Meridians weiter von der brechenden Fläche entfernt ist, als f_2. Um zu erfahren, wie sich der Durchschnitt des verticalen und horizontalen Strahlenbündels an jeder Stelle hinter der brechenden Fläche verhält, brauchen wir nur an verschiedenen Stellen der Axe senkrechte Linien zu ziehen und zu sehen, wie die in die gleiche Ebene der Zeichnung gelegten Strahlenbündel getroffen werden. Beim Auffallen auf die brechende Fläche ist der Durchschnitt ein rechtwinkeliges Kreuz: Θ, dessen Schenkel gleich lang sind; hinter der brechenden Fläche, indem die verticalen Strahlen stärker als die horizontalen convergiren, sofort ein rechtwinkeliges Kreuz, dessen verticaler Schenkel kürzer als der horizontale ist. Am Orte 1 haben diese Schenkel bestimmte Längen, die im unterhalb stehenden Kreuze *I* zum Ausdrucke kommen. Indem beide Schenkel des Kreuzes an Grösse immer mehr abnehmen, wird endlich der verticale Schenkel Null. Es geschieht dies am Orte 2, im hinteren Brennpunkte der verticalen Strahlen. Als Durchschnitt erscheint nun eine horizontale Linie *II*. Die verticalen Strahlen überkreuzen sich hierauf, die horizontalen haben sich noch nicht vereinigt. Bei 3 ist wieder ein ähnliches Kreuz *III*, wie bei 1 da, nur sind die Schenkel kleiner, da ja der horizontale Schenkel beständig abnimmt. Weiterhin muss eine Stelle kommen, an welcher das überkreuzte verticale Strahlenbündel genau denselben Durchmesser zeigt, wie das nocht nicht vereinigte horizontale. Es geschieht dies bei 4. Es taucht wieder das gleichschenkelige Kreuz *IV* auf, wie bei Θ, jedoch in verjüngtem Massstabe. Jenseits dieser Stelle, bei 5, wird der verticale Schenkel des Kreuzes *V* länger, der horizontale nimmt immer mehr ab, bis er bei 6 Null wird. Die horizontalen Strahlen kommen an dieser Stelle zur Vereinigung und es bleibt nur die verticale Linie *VI* in der verzeichneten Länge übrig. Endlich an Stellen, wie 7, an welchen eine Ueberkreuzung beider Strahlenbündel stattgefunden hat, tritt im Kreuze *VII* wieder der verticale Schenkel als der grössere und mit immer grösser und grösser werdenden Dimensionen hervor, je mehr sich die Strahlen von der brechenden Fläche entfernen.

Auf die Form, welche das ganze, also in allen Meridianen der krummen Fläche gebrochene Strahlenbündel, an den Stellen 1 bis 7 hat, können wir begreiflicher Weise aus der Form des Durchschnittes des verticalen und horizontalen Strahlenbündels allein keinen Schluss ziehen. Es ist zwar sehr verführerisch es zu thun und würde die Darstellung sehr vereinfachen, wenn, sowie im Θ das gleichschenkelige Kreuz uns den kreisförmigen Durchschnitt des Strahlenbündels repräsentirt, wir aus den Figuren *I* bis *VII* direct die Form des ganzen Strahlenkegels

ableiten wollten. Es ist unverkennbar, dass die ungleichschenkeligen Kreuze uns die beiden Axen einer Ellipse darstellen, dass in *IV* die Kreisform wiederkehrt, sowie dass an den Stellen *II* und *VI* die Ellipsen, indem die eine ihrer Axen Null wird, in gerade Linien übergehen. Dass dies aber durchaus nicht so sein muss, können wir z. B. gleich für die wichtigen Stellen 2 und 6 hervorheben. Desshalb weil in 2 die verticalen und in 6 die horizontalen Strahlen in Einem Punkte der Axe *AB* sich einigen, braucht nicht der Durchschnitt des ganzen Strahlenkegels eine gerade Linie darzustellen. Das Postulat würde auch erfüllt, wenn der bei 2 auf der Axe senkrechte Durchschnitt des Strahlenkegels z. B. eine Spirale zweiten Grades und zwar eine liegende Spiralellipse, (welcher die Form einer liegenden Ziffer 8 zukommt) darstellen würde und falls bei 6 eine stehende Spiralellipse (stehende 8) zu Stande käme. Thatsächlich ist aber weder das Eine, noch das Andere der Fall. Thatsächlich wird die Form des Durchschnittes des ganzen Strahlenkegels durch die Figuren *I* bis *VII* ausgedrückt, wenn wir die ungleichen Schenkel der Kreuze als Ellipsenaxen, die gleichen (in *IV*) als Kreisdurchmesser ansehen. Fällt also ein kreisförmiges Lichtbündel auf die krumme Oberfläche eines durchsichtigen Mediums mit stärkstbrechendem verticalem und schwächstbrechendem horizontalem Meridian auf, dann nimmt es nach seiner Brechung zuerst (1) die Form einer querliegenden Ellipse (*I*) an, deren Axen immer kleiner werden, deren lineare Excentricität (Abstand eines Brennpunktes vom Mittelpunkte) immer mehr zunimmt, so dass dieselbe, während sie bei Θ gleich Null ist. bei 2 endlich der halben grossen Axe gleich wird. An dieser Stelle ist die querliegende Ellipse in eine horizontale Linie (*II*) von bestimmter Grösse übergegangen. Weiterhin (bei 3) kommt wieder ein querliegende Ellipse (aber mit kleinerer grosser Axe als früher) (*III*) zum Vorschein, deren Excentricität immer mehr abnimmt, bis sie bei 4 gleich Null geworden. Der Querschnitt des Strahlenbündels ist an diesem Orte ein Kreis (*IV*). Sofort wächst die Excentricität wieder (5), es kommen wieder Ellipsen zu Stande, aber solche mit verticaler grosser Axe (*V*). Die grosse Axe wie die Excentricität nimmt nun immer mehr zu, bis die lineare Excentricität wieder der halben grossen Axe gleich geworden. Eine verticale Linie von bestimmter Grösse (*VI*) präsentirt sich an dieser Stelle (6) der Strahlenbahn. Weiterhin bei (7) entwickeln sich wieder stehende Ellipsen (*VII*) mit immer wachsenden Axen. Den erörterten Gang der Lichtstrahlen hat zuerst Sturm (1845) mathematisch entwickelt, und seitdem ist der Gegenstand vielfach, so von Helmholtz, Kirchhoff und

Knapp, Kaiser, Hay behandelt worden. Nehmen wir z. B. als Typus des brechenden Körpers mit krummer Oberfläche das dreiaxige Ellipsoid, so ergeben sich folgende Regeln. Von allen von Einem Leuchtpunkte ausgehenden und auf die Oberfläche des dreiaxigen Ellipsoids fallenden Strahlen werden nur diejenigen, welche in den beiden Meridianen der stärksten und der schwächsten Krümmung, hindurchgehen, überhaupt wieder zu einem Punkte vereinigt, (in f_2 und f'_2) und zwar liegen diese Vereinigungspunkte auf der gemeinsamen Axe *(AB)*. Für diese beiden Meridiane liegen also sämmtliche Normalen und daher auch die gebrochenen Strahlen in Einer Ebene und zwar in der Ebene des einfallenden Lichtes. Die Strahlen, welche in irgend einem anderen Meridiane hindurchtreten, finden nicht blos in der Axe keine Vereinigung, sondern sie vereinigen sich überhaupt nicht. Für alle diese Meridiane liegen nämlich die Normalen, daher auch die gebrochenen Strahlen nicht in Einer Ebene, die gebrochenen Strahlen können sich daher zwar überkreuzen, aber nicht durchkreuzen. Die beim Eintritt in den brechenden Körper zunächst von der Axe nach rechts liegenden gehen nach links und umgekehrt, die oberhalb gelegenen gelangen nach unten von der Axe und vice versa, aber sie durchschneiden sich dabei nicht, sie gehen vielmehr an einander vorbei. Die Meridiane der stärksten und der schwächsten Krümmung eines dreiaxigen Ellipsoids sind daher in ganz besonderer Weise optisch gekennzeichnet und führen desshalb den Namen der Hauptschnitte. Der eine Hauptschnitt enthält also, wenn die gemeinsame Axe die grosse Axe der elliptischen Meridiane bildet, neben der gemeinsamen Axe die kleinste, der andere die grösste kleine Axe der Meridianellipsen, die Hauptschnitte stehen auf einander senkrecht. An der Stelle, an welcher die in einem Hauptschnitt gebrochenen Strahlen in Einem Punkte der Axe sich vereinigen, gehen alle anderen durch die Oberfläche des Ellipsoids gebrochenen Strahlen durch eine gerade Linie, welche im Vereinigungspunkte der Hauptschnittsstrahlen auf der Axe senkrecht steht und in dem anderen Hauptschnitte gelegen ist. Wenn also (Fig. 78) der Meridian der stärksten Krümmung *I V*, der eine Hauptschnitt vertical steht und in f_2 die Vereinigung der in diesem Hauptschnitte gebrochenen Strahlen stattfindet, so geht das ganze Strahlenbündel in dem Abstande mf_2 hinter der brechenden Fläche durch eine horizontale, also im zweiten Hauptschnitt *II H* gelegene, in f_2 auf AB senkrechte Linie *(II)*; und ein zweites Mal kommt eine Lichtlinie in der Entfernung mf'_2 von der brechenden Fläche zu Stande, indem in f'_2 die im horizontalen Hauptschnitt gebrochenen Strahlen sich durchkreuzen und daher sämmtliche Strahlen

in einer verticalen (in f'_2 auf der Axe senkrechten) Linie *(VI)* sich zusammendrängen. Aus diesem Verhalten erklärt sich die Form aller Durchschnitte des gebrochenen Strahlenbündels *(I* bis *VII)*. Die Strecke der Lichtbahn $(f_2 f'_2)$, welche zwischen den beiden um 90^0 von einander abweichenden Lichtlinien gelegen ist, führt den Namen der Sturm'schen Brennstrecke, die beiden geraden Linien selbst heissen Brennlinien. Da unter der Voraussetzung, dass der Horizontalmeridian der schwächstbrechende sei, sich ergeben hat, dass die vordere Brennlinie $\alpha_1 \beta_1$ horizontal liegt, so folgt daraus, dass uns die Richtung der vorderen Brennlinie die Richtung des schwächstbrechenden, die Richtung der hinteren Brennlinie $\alpha_2 \beta_2$ jene des stärkstbrechenden Meridians angibt. Die Brennstrecke wird um so grösser werden, je grösser die Differenz in der Brechkraft der beiden Hauptschnitte ist, um so kleiner, je kleiner diese Differenz, endlich Null, wenn die Brechkraft aller Meridiane gleich wird. Innerhalb der Brennstrecke findet sich eine Stelle, in welcher das Bild des leuchtenden Punktes ein Kreis ist, also dieselbe Form hat, die es auch unter Voraussetzung, dass das dioptrische System von jeglicher Aberration frei ist, dann einnimmt, wenn der auffangende Schirm vor oder hinter dem Sammelpunkte der Strahlen steht.

Was die Länge der Brennlinien und die Lage des Kreises in der Brennstrecke anlangt, so ist zu bemerken, dass die beiden Brennlinien niemals gleich sein können, dass die vordere Brennlinie immer kürzer als die hintere sein muss, dass demgemäss der Kreis niemals in der Mitte der Brennstrecke stehen kann, sondern der vorderen Brennlinie näher als der hinteren liegen muss. Es geht dies aus der Proportion hervor, in welcher die beiden Brennlinien zu einander stehen. Bezeichnen wir die hintere Brennweite des verticalen Meridians mit φ_2, jene des horizontalen Meridians mit φ'_2, so ist

$$\varphi_2 = m f_2$$
$$\varphi'_2 = m f'_2.$$

Betrachten wir die Curvenstücke amb und $a'mb'$ als auf die Axe AB senkrechte Linien $ab = a'b'$, was wir bei der Annahme eines kleinen Diaphragmadurchmessers $ab = a'b' = d$ ohne wesentlichen Fehler thun können, dann verhält sich in den ähnlichen Dreiecken (Fig. 78. I) af_2b und $\alpha_2 f_2 \beta_2$

$$ab : \alpha_2 \beta_2 = m f_2 : f'_2 f_2 = \varphi_2 : f'_2 f_2$$

und in den ähnlichen Dreiecken (Fig. 78. II) $a' f'_2 b'$ und $\alpha_1 f'_2 \beta_1$

$$a'b' : \alpha_1 \beta_1 = m f'_2 : f_2 f'_2 = \varphi'_2 : f'_2 f_2$$

Daher da $ab = a'b' = d$

$$d \,.\, f'_2 f_2 = \alpha_1 \beta_1 \,.\, \varphi'_2 = \alpha_2 \beta_2 \,.\, \varphi_2,$$

mithin

$$\alpha_1 \beta_1 : \alpha_2 \beta_2 = \varphi_2 : \varphi'_2 \quad I.$$

d. h. die Länge der vorderen Brennlinie verhält sich zu jener der hinteren Brennlinie, wie die hintere Brennweite des stärkstbrechenden zu jener des schwächstbrechenden Meridians. Die vordere Brennlinie ist daher immer kürzer, als die hintere und um so kürzer, je grösser die Differenz in der Brechkraft der beiden Hauptschnitte ist. Bei Donders ist ein merkwürdiger Lapsus zu verzeichnen. Er zeichnet nämlich die hintere Brennlinie kürzer als die vordere [1]). Die Brennlinien können nur dann gleich gross werden, wenn die Brennweiten der beiden Hauptmeridiane gleich sind, d. h., wenn kein Astigmatismus besteht. Die Brennlinien sind dann gleich, denn sie sind beide Null.

Um den Ort des Kreises in der Brennstrecke zu bestimmen, bezeichnen wir den Abstand of_2 des Kreiscentrums o von der vorderen Brennlinie mit π_1; und $o'f'_2$, den Abstand des Kreises von der hinteren Brennlinie, mit π_2, den Durchmesser des Kreises $ge = g'e'$ mit δ. In dem Dreiecke $\alpha_2 f_2 b_2$ (Fig. 78. I) in welchem $ge \parallel \alpha_2 \beta_2$, verhält sich

$$\alpha_2 \beta_2 : \delta = f'_2 f_2 : of_2$$

In dem Dreiecke $\alpha_1 f'_2 \beta_1$ (Fig. 78. II) besteht die analoge Proportion:

$$\alpha_1 \beta_1 : \delta = f_2 f'_2 : o' f'_2$$

Da die letzte Proportion wieder mit der vorangehenden gleiche mittlere Glieder hat, so verhält sich

$$\alpha_1 \beta_1 : \alpha_2 \beta_2 = of_2 : o' f'_2$$

daher

$$\pi_1 : \pi_2 = \alpha_1 \beta_1 : \alpha_2 \beta_2 \quad II.,$$

d. h. die Abstände des Centrums des innerhalb der Brennstrecke gelegenen Kreises von den beiden Brennlinien verhalten sich wie diese Brennlinien selbst. Der Kreis kann daher nie in der Mitte der Brennstrecke, sondern muss immer der vorderen Brennlinie näher als der hinteren liegen, und da, je grösser der Astigmatismus, desto grösser der Unterschied in der Länge der beiden Linien ist, so wird auch der Kreis relativ um so näher der vorderen Brennlinie zu liegen kommen, je grösser die Differenz in der Brechkraft der beiden Hauptmeridiane ist. In der Mitte der Brennstrecke könnte der Kreis nur dann stehen, wenn die Brennlinien gleich gross würden, d. h. wenn die Brennstrecke Null wird.

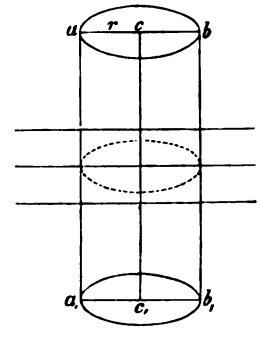
---

[1]) Anom. of accomm. and refract. pag. 453. Fig. 151. Deutsche Ausgabe pag. 382.

Die Form des Querschnittes des Strahlenbündels in der ganzen Strecke 1—7 lässt sich direct in sehr einfacher Weise objectiv beobachten. Man braucht nur die von einem kleinen Lichtpunkte kommenden Strahlen durch eine convex-cylindrische Linse brechen zu lassen und mit einem Fernrohre, dessen Axe mit der Axe AB zusammenfällt, nacheinander auf die verschiedenen Abstände 1—7 einzustellen. Indem man zunächst für 1 einstellt und hierauf allmälig das Ocular auszieht, bekommt man nacheinander alle Durchschnitte *I* bis *VII* mit grösster Präcision. Kein anderer Vorgang ist in ähnlicher Weise geeignet, von der Form und Ausdehnung der ganzen Lichtbahn eine so klare Vorstellung beizubringen. Die objective Darstellung des Ganges der Lichtstrahlen mit Zuhilfenahme von sphärischen und Cylinderlinsen wurde vielfach, so u. A. von Donders, Haltenhoff, O. Becker, beschrieben. Mit Hilfe eines Fadenmodells hat Knapp den Gang des durch eine asymmetrische Fläche gebrochenen Strahlenbündels versinnlicht.

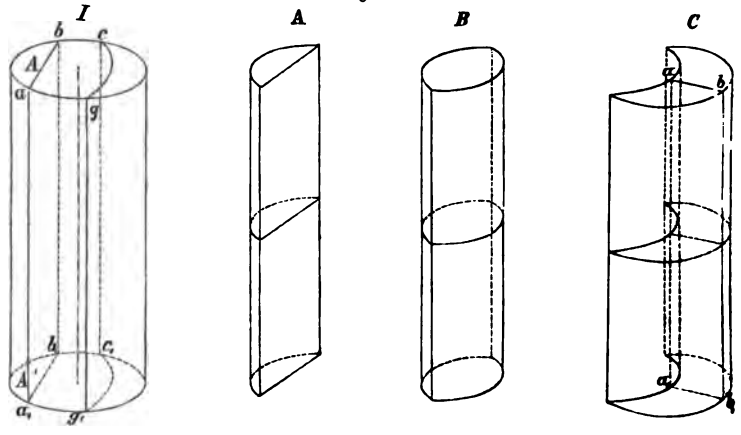
Doch was sind Cylinderlinsen? Meine Herren! Denken Sie sich einen geraden Cylinder (Fig. 79) aus Glas, $c\,c_1$ sei dessen Axe, r der Radius des Grundflächenkreises. Von einem entfernten Leuchtpunkte fallen Strahlen auf diesen Cylinder. Die in verticaler Richtung ausfahrenden parallelen Strahlen mögen auf die Seite des Cylinders $a\,a_1$ auftreffen. Legen wir durch diese Seite $a\,a_1$ und die Axe $c\,c_1$ eine Ebene, so ist der Durchschnitt des Cylinders ein Rechteck $a\,b\,b_1\,a_1$ (wie er ja durch Umdrehung des Rechtecks $a\,c\,c_1\,a_1$ um die Seite $c\,c_1$ entstanden gedacht werden kann). Die senkrecht auf die Linie $a\,a_1$ auffallenden Strahlen werden bei ihrem Eintritte in den Cylinder ebensowenig gebrochen, als bei ihrem Austritte durch die Seite $b\,b_1$, wobei es übrigens gleichgiltig ist, ob das Strahlenbündel durch die Axe oder durch eine der Axe Parallele geht, indem es nur durch eine Seite des Cylinders zu gehen braucht. Treffen die einfallenden Strahlen nicht unter rechten Winkeln auf, dann findet unter solchen Verhältnissen auch keine Brechung, sondern nur eine Verschiebung der Strahlen statt — man denke an die Wirkung der planparallelen Platten des Ophthalmometers. Die vom Leuchtpunkte kommenden Strahlen jedoch, deren Ebene auf der Cylinderaxe senkrecht steht, in unserem Falle die horizontalen, fallen auf den kreisförmigen Durchschnitt des Cylinders und erfahren eine Brechung ähnlich wie durch eine biconvexe sphärische

Fig. 79.



Linse. Ein Glascylinder ist also optisch unwirksam gegenüber solchen Strahlen, in deren Ebene die Axe oder eine der Axe parallele Linie gelegen ist, wirkt aber wie eine Sammellinse gegenüber solchen Strahlen, deren Ebene auf der Axe senkrecht steht. Das Gesagte genügt, um die Wirkung der sogenannten Cylinderlinsen zu verstehen. Man unterscheidet einfache Cylinderlinsen, sphärisch cylindrische und bicylindrische Linsen, die einfachen Cylinderlinsen sind convex und concav. Convexe Cylinderlinsen erhalten wir auf folgende Art. Schneiden wir (Fig. 80) durch eine der Axe parallele Ebene $a a_1 b b_1$ das Stück A vom

Fig. 80.

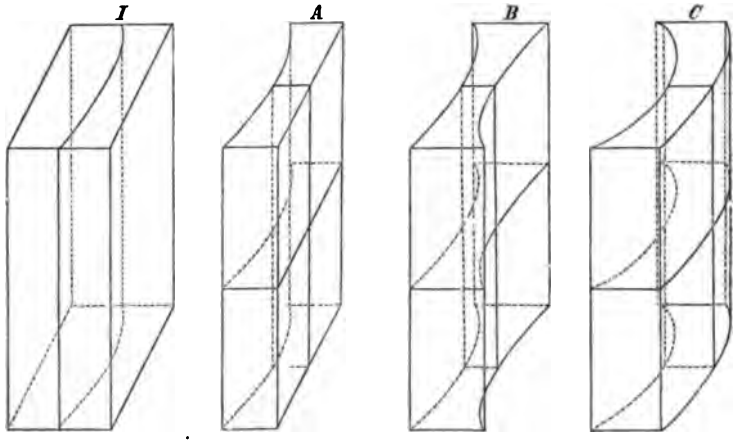


Cylinder I ab, so erhalten wir die planconvexe Cylinderlinse A, legen wir zwei der letzteren Linsen mit ihren planen Flächen so zusammen, dass die Cylinderaxen parallel bleiben, dann haben wir die biconvexe Cylinderlinse B, und schneiden wir endlich den Cylinder I durch einen zweiten Cylinder mit paralleler Axe, dessen Grundfläche einen grösseren Radius hat, — das uns interessirende Stück des Mantels dieses Cylinders ist $c c_1 g_1 g$ — dann stellt das abgeschnittene Stück C eine concavconvexe Cylinderlinse oder den positiven Cylindermeniscus dar. Ein Blick auf die Figuren A, B, C zeigt, dass die Strahlen, in deren Ebene die Axe liegt, in allen 3 Fällen durch das unwirksame Rechteck $a b a_1 b_1$ hindurchtreten, während die Strahlen, auf deren Ebene die Axe senkrecht steht, durch ein planconvexes *(A)*, biconvexes *(B)*, concavconvexes *(C)* Glas gebrochen werden.

Concave Cylinderlinsen können wir uns in folgender Weise entstanden denken. Schneiden wir (Fig. 81) ein senkrechtes Parallelepiped I mit rechteckiger Basis durch einen Cylinder, dessen Axe mit [redacted] des Prismas parallel ist, dann ist das abgeschnittene Stück

A eine planconcave Cylinderlinse, legen wir zwei solche Linsen mit den Axen parallel und mit den planen Flächen an einander, dann ist die biconcave Cylinderlinse da *(B)* und schneiden wir endlich den planconcaven Cylinder noch einmal durch einen Cylinder mit paralleler Axe,

Fig. 81.

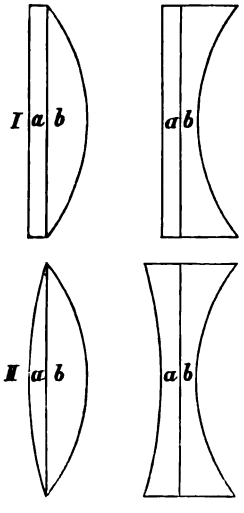


aber grösserem Grundflächen-Radius, dann ist das ausgeschnittene Stück *C* eine convexconcave Cylinderlinse oder ein negativer Cylindermeniscus. Auch da genügt ein Blick auf *A*, *B* und *C*, um zu sehen, dass ein Schnitt durch die Axe stets ein Rechteck darstellt, während die Schnitte senkrecht auf die Axe der Reihe nach ein planconcaves, biconcaves, convexconcaves Glas ergeben. Es versteht sich von selbst, dass sowohl die einfachen Cylindergläser, als auch die nachfolgenden Combinationen nicht als rechteckige Stücke, sondern in runder und ovaler Form, wie die sphärischen Gläser, in Gebrauch kommen.

Die Combinationen von cylindrischen und sphärischen Gläsern sind als homolog- und heterolog-sphärisch-cylindrische Linsen zu unterscheiden. Die ersteren (die homologen) sind Combinationen von convex-sphärischen Linsen mit convex-cylindrischen einerseits und von concav-sphärischen mit concav-cylindrischen andererseits. Bei den heterologen hat die Sphäre das entgegengesetzte Zeichen, wie der Cylinder, es ist also ein sphärisches Concavglas mit einem cylindrischen Convexglas oder ein sphärisches Convexglas mit einem cylindrischen Concavglas combinirt. Das Zustandekommen solcher Gläser ist leicht zu begreifen. Legen wir ein plancylindrisches und ein plansphärisches Glas mit den planen Flächen zusammen, dann ist die Combination fertig. Ein solches Glas wirkt nach allen Richtungen lichtbrechend, resp. licht-

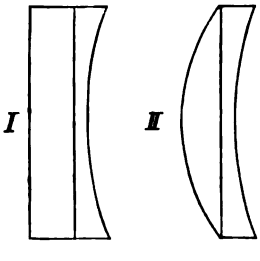
zerstreuend, zeigt aber in 2 um 90^0 abstehenden Meridianen die grösste Differenz in seiner Wirkung. Durchschneiden wir zunächst ein homologes sphärisch-cylindrisches Glas durch die Axe des Cylinders (Fig. 82. I), dann wird der Cylinder in einem Rechteck *a*, die Sphäre *b*, je nachdem, mit convexem oder concavem Rande durchschnitten, das Glas wirkt als plansphärisches. Schneiden wir dagegen die Linse senkrecht gegen die Cylinderaxe (Fig. 82. II), dann präsentirt sowohl der Cylinder *a* als auch die Sphäre *b* einen brechenden Meridian, in dieser Richtung wirkt das Glas als ein bisphärisches, es summirt sich die Wirkung zweier plansphärischer Gläser.

Fig. 82 I, II.



Die heterolog-sphärisch-cylindrischen Linsen haben nur dann einen Sinn, wenn die beiden Hauptmeridiane eine entgegengesetzte Wirkung ausüben. Zeigt Fig. 83 die Durchschnitte einer sphärischen Concavlinse combinirt mit einer cylindrischen Convexlinse sowohl in der Richtung *(I)* der Cylinderaxe, als auch *(II)* senkrecht darauf, so hat es keinen Zweck, wenn der Radius des convexen Durchschnittes mit jenem des concaven übereinstimmt, denn dann ist der Durchschnitt *II* unwirksam und die Wirkung, die erzielt werden soll, ist durch ein einfaches Concavcylinderglas zu erreichen — und ebenso wenig ist ein Zweck ersichtlich, wenn die Krümmung des convexen Durchschnittes schwächer als die des concaven ist, denn dann wirkt *II* auch noch als Concavglas, nur schwächer als *I* und eine solche Wirkung ist durch ein homologes negatives sphärisch-cylindrisches Glas zu erreichen. Ist aber der Radius des convexen Cylinders kleiner, als jener der concaven Sphäre, dann stellt *II* ein Convexglas dar, und die heterologe Linse wirkt nach der einen Richtung *(I)* als Concav-, nach der senkrecht darauf stehenden *(II)* als Convexglas. Eine ähnliche Wirkung wird erreicht, wenn man ein sphärisches Convexglas combinirt mit einem cylindrischen Concavglas, dessen Radius kleiner ist, als der Radius der Sphäre. Fig. 84. I zeigt den convex-, Fig. 84. II den concav-wirkenden Meridian eines solchen Glases.

Fig. 83 I, II.



Die Wirkung der heterolog-sphärisch-cylindrischen Linsen wird aber auch erreicht durch die heterologen bicylindrischen Gläser mit gekreuzten Axen. Lege ich (Fig. 85. I) auf ein planconcaves Cylinderglas ein planconvexes so, dass die Axen parallel sind, dann ist die Combination unwirksam in dem durch die Axe gehenden Schnitte a, senkrecht darauf ist der Durchschnitt ein Meniscus b. Ist die Krümmung der convexen und concaven Fläche gleich, dann ist auch der Meniscus und mithin die ganze Combination unwirksam, sind die Radien der beiden Flächen ungleich, dann wirkt die ganze Combination wie ein einfaches Cylinderglas, ist eben nichts anderes, als ein positiver oder negativer cylindrischer Meniscus (s. Fig. 80 C und 81 C). Drehe ich aber die beiden Cylinder so, dass ihre Axen einen rechten Winkel bilden (Fig. 85. II), dann erhalte ich, wenn ich durch die Axe des positiven Cylinders schneide, einen Durchschnitt von der Form α, indem der Durchschnitt des positiven Cylinders ein Rechteck, jener des negativen planconcav ist, und wenn ich durch die Axe des negativen Cylinders schneide, dann hat der Schnitt die Form β, indem der Convexcylinder als planconvexe Fläche, der Concavcylinder als Rechteck durchschnitten ist. Das heterologe bicylindrische Glas mit gekreuzten Axen wirkt also nach der einen Richtung als Concav-, nach der senkrecht darauf stehenden wie ein Convexglas und ersetzt auf diese Weise die Wirkung der heterolog-sphärisch-cylindrischen Gläser. Die homologen bicylindrischen Gläser mit parallelen Axen sind nichts anderes, als einfache Biconvex- oder Biconcavcylinder (Fig. 80 B und Fig. 81 B); die homologen Bicylinder mit gekreuzten Axen und ungleichem Radius wirken wie homologe sphärisch-cylindrische Gläser; die homologen Bicylinder mit gekreuzten Axen und gleichem Radius dagegen wie einfache sphärische Gläser, jedoch nach Hoorweg mit dem Unterschiede, dass die Aberration beim Bicylinder geringer ist als beim sphärischen Glase.

Fig. 84 I, II.

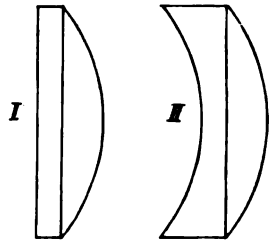
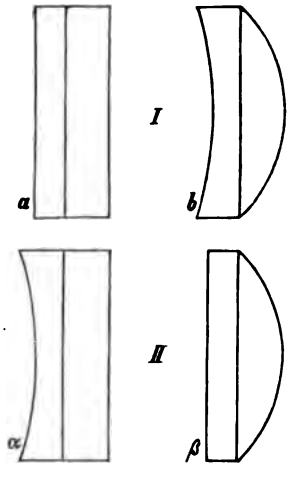


Fig. 85 I, II.



Die verschiedenen Cylinderlinsen werden nach Donders in folgender Weise bezeichnet. Die einfachen Cylinderlinsen werden analog den sphärischen durch den reciproken Werth der Brennweite des stärkstbrechenden Meridians ausgedrückt und durch die Beifügung des Buchstaben *c* kenntlich gemacht. Ein Glas: $-\frac{1}{15}c$ ist also ein einfaches concav-cylindrisches Glas, d. h. ein solches, welches nach einer Richtung gar nicht, nach der senkrecht darauf stehenden, wie $-\frac{1}{15}s$ (sphärisch) wirkt. $+\frac{1}{15}c$ oder schlechtweg $\frac{1}{15}c$ ist der analoge Convexcylinder, der in dem wirksamen Meridiane wie $\frac{1}{15}s$ das Licht bricht.

Die sphärisch-cylindrischen Gläser werden durch ein Combinationszeichen von der Art: ⊃ gekennzeichnet. $\frac{1}{15}c \supset \frac{1}{10}s$ bedeutet ein homologes convex-sphärisch-cylindrisches Glas. Es wirkt ein Axenschnitt des Cylinders, wie $\frac{1}{10}s$; senkrecht darauf entfaltet es die Wirkung der Gläsersumme: $\frac{1}{15} + \frac{1}{10} = \frac{1}{6}$, wirkt also wie convexsphärisch $\frac{1}{6}$; $-\frac{1}{36}c \supset -\frac{1}{12}s$ wirkt (als negatives sphärisch cylindrisches Glas) in der Richtung der Axe, wie $-\frac{1}{12}$; senkrecht darauf, wie $-(\frac{1}{36} + \frac{1}{12}) = -\frac{1}{9}$.

Heterologe Combinationen wie $-\frac{1}{5}s \supset \frac{1}{4}c$ oder $\frac{1}{20}s \supset -\frac{1}{4}c$ wirken gleich, nach der einen Richtung wie $-\frac{1}{5}s$, nach der senkrecht darauf stehenden wie $+\frac{1}{20}s$.

Die bicylindrischen Gläser κατ' ἐξοχήν (das sind die heterologen Bicylinder mit gekreuzten Axen) haben das Combinationszeichen ⌐. $\frac{1}{18}c \sqcap -\frac{1}{30}c$ bedeutet also ein bicylindrisches Glas, welches in dem einen der Hauptmeridiane als $+\frac{1}{18}s$, in dem anderen als $-\frac{1}{30}s$ wirkt. Die eben früher angeführten heterologen sphärisch cylindrischen Combinationen können in der Wirkung der Hauptmeridiane ersetzt werden durch ein bicylindrisches Glas: $-\frac{1}{5}c \sqcap \frac{1}{20}c$.

Mit diesen mässigen Kenntnissen über den Gang der durch eine asymmetrische Fläche gebrochenen Lichtstrahlen und über die Wirkung der Cylinderlinsen können wir uns dem Astigmatismus des Auges selbst zuwenden. Wir erörtern zunächst gar nicht, ob und in welchem Grade das Auge astigmatisch ist oder sein kann, auch werfen wir die Frage jetzt nicht auf, in welcher Weise sich die Bestandtheile des dioptrischen Systems, Hornhaut und Linse, an der Erzeugung des Refractionsfehlers betheiligen — wir fragen: Welches werden die subjectiven und objectiven Symptome sein, falls das dioptrische System des Auges einem an seiner Oberfläche unregelmässig und in zwei senkrecht auf einander stehenden Meridianen am differentest gekrümmten durchsichtigen Körper in seiner Wirkung gleichkommt. Dabei wollen wir die

Erscheinungen im Allgemeinen für den Fall entwickeln, dass der verticale Meridian der stärkstbrechende sei, dass das Auge ausser an dem Refractionsfehler auch an einem Axenfehler leide, dass es in Folge von Axenverlängerung myopisch sei, dass also, wenn der verticale Meridian so schwach wie der horizontale das Licht brechen würde, z. B. einfache $M\,1/10$ bestände.

Steckt man vor den Cylinder einer hellbrennenden Lampe ein Kartenblatt, in welches mit einer Stecknadel ein Loch durchgestossen wurde, so wird der myopische Astigmatiker, indem er sich in einem dunkeln Zimmer vor die Lampe hinsetzt, bald einen Abstand finden, in welchem ihm der kleine leuchtende Kreis des Loches kreisförmig erscheint. Entfernt sich das Auge nun allmälig etwas weiter vom Lichtpunkte, so sieht dasselbe unter den angegebenen Bedingungen, wie sich der Kreis sofort zu einer stehenden Ellipse verlängert, die sich in eine verticale Linie verwandelt, um bei grösserem Abstande wieder in eine Verticalellipse mit grösseren Axen überzugehen. Je mehr das Auge zurückweicht, desto lichtschwächer wird (wegen seiner beträchtlichen Flächenausdehnung) das Bild, aber so lange es noch wahrnehmbar ist, behauptet sich die Form der verticalen Ellipse. Nähert sich hingegen das Auge aus der Anfangsstellung der Lampe immer mehr, dann geht der Kreis der Reihe nach in die Horizontalellipse, die horizontale Linie und die Horizontalellipse mit grösseren Axen über. Eine schönere Beobachtung der Brennstrecke im eigenen Auge wie unter solchen Verhältnissen ist kaum denkbar. Je grösser die Differenz in der Brechkraft der Hauptmeridiane, desto grösser die Differenz in dem Abstande, in welchen der Leuchtpunkt in die beiden Brennlinien übergeht, bei ganz geringem Astigmatismus ist das Phänomen jedoch nicht zu beobachten. Da wir gehört haben, dass die Richtung der Brennlinien uns nicht blos die Richtung der beiden Hauptmeridiane angibt, sondern dass auch durch die Richtung der vorderen Brennlinie jener des schwächstbrechenden, durch die Richtung der hinteren Brennlinie jene des stärkstbrechenden Meridians angegeben wird, wie ja dies auch aus dem eben beschriebenen Versuche hervorgeht, so ist dieses Experiment geeignet, die Richtung der beiden Hauptmeridiane bei einem myopischen Astigmatiker (mit Myopie gewissen Grades) kennen zu lernen. Besteht nur geringe Myopie oder Emmetropie oder Hypermetropie, so wird man bei dem Astigmatiker zum Behufe dieses Versuches durch ein sphärisches Convexglas stärkere Myopie, $M\,1/10$ oder höhere erzeugen. Die Erklärung des Phänomens ist sehr einfach. Der Myope nähert sich dem Lichtpunkte soweit, bis

auf der Netzhaut der Kreis der Brennstrecke liegt, dann erscheint der Lichtpunkt kreisförmig. Indem das Auge zurückweicht, wandert das Bild nach vorne, d. h. es kommt jetzt der Reihe nach die Verticalellipse, die verticale Linie und noch einmal die Verticalellipse, auf die Netzhaut, während andererseits bei der Annäherung die horizontalen Gestalten der Reihe nach auftauchen.

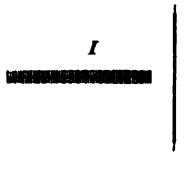
Auch beim Sehen nach einem entfernten Lichtpunkte kann man einen ähnlichen Versuch anstellen. Es gelingt zwar hiebei nicht, die ganze Brennstrecke in so eleganter Weise zur Anschauung zu bringen, aber die Richtung der Brennlinien kann man hervorrufen. Geht beim Sehen in die Ferne die Netzhaut durch den Kreis der Brennstrecke oder bringt man durch ein entsprechendes sphärisches Glas den Kreis auf die Netzhaut, so wird man jetzt durch Vorhalten eines Convexglases bewirken, dass der Kreis vor die Netzhaut fällt, die hinter ihm gelegenen Theile der Brennstrecke nachrücken, bis bei einem bestimmten Werthe des Convexglases die hintere Brennlinie auf der Netzhaut steht. Andererseits wird durch Vorhalten eines Concavglases die hintere Brennweite des Auges vergrössert, die Brennstrecke weicht zurück, statt des Kreises kommen die vor ihm gelegenen Figuren auf die Netzhaut, bei einer bestimmten Stärke des Concavglases rückt die vordere Brennlinie ein. Da diese letztere die Richtung des schwächstbrechenden Meridians anzeigt, so ergibt sich: Diejenige Linie, in welcher ein Lichtkreis sich bei Vorsetzen eines Concavglases auszieht, gibt die Richtung des schwächstbrechenden, diejenige Linie, in welcher sich dieser Kreis bei Vorhalten eines Convexglases auszieht, die Richtung des stärkstbrechenden Meridians an. Um geringen Astigmatismus eines Emmetropen nachzuweisen, stellt Donders convex $^1/_{60}$ vor das Auge und hält dann concav $^1/_{30}$ vor das Convexglas, das Concavglas abwechselnd vorstellend und wieder entfernend. Das Auge hat mit dem Convexglase $M\,^1/_{60}$, durch beide Gläser (die wie $-\,^1/_{60}$ wirken) $H\,^1/_{60}$. Durch das erstere Glas wird der Lichtpunkt nach dem Meridiane der stärksten Krümmung, durch beide nach jenem der schwächsten Krümmung ausgezogen. Indem der Lichteindruck eine Zeit lang anhält, erhält man durch rasch abwechselndes Vorsetzen und Wiederwegnehmen des Concavglases manchmal die Richtung der beiden Hauptmeridiane gleichzeitig in Form eines Kreuzes. Das Experiment (ganz abgesehen vom gleichzeitig gesehenen Kreuze) gelingt aber bei geringem Astigmatismus durchaus nicht immer. Der Lichtpunkt ist kein mathematischer Lichtpunkt, die Brennstrecke und die Brennlinien sind sehr klein und können auch durch den irregulären Astigmatismus verzerrt werden.

Es treten durchaus keine linienförmigen Zerstreuungskreise des Punktes zu Tage.

Ein feinerer Versuch auf Astigmatismus ist schon die Prüfung mit Liniensystemen, die in verschiedenen Meridianen verlaufen. Halten wir an unserer Annahme fest. Ein myopischer Astigmatiker mit stärkstbrechendem verticalem Meridiane nähere seinem Auge ein Blatt (Fig. 86), auf welchem ein System, sowohl horizontaler als verticaler feiner schwarzer, paralleler Linien verzeichnet ist. Indem das Blatt zunächst soweit entfernt gehalten wird, dass keines der Liniensysteme gesehen und indem es dann allmälig angenähert wird, werden die Linien eines Systems zuerst auftauchen und deutlich werden, während die senkrecht darauf stehenden noch undeutlich sind. Welche Linien, die horizontalen oder verticalen, werden zuerst deutlich werden? Bei der allmäligen Annäherung des Objectes und der allmäligen Abrückung des Bildes vom Knotenpunkte wird zuerst die hintere Brennlinie, in unserem Falle die verticale, auf die Netzhaut rücken. In diesem Momente kommen die im horizontalen Meridian von den Objectpunkten ausfahrenden Strahlen auf der Netzhaut zur Sammlung. Aber werden desshalb die horizontalen Linien jetzt deutlich gesehen? Nein. Denken wir uns die Linien aus lauter Punkten zusammengesetzt, so werden die von jedem einzelnen Punkte der horizontalen Linie im Horizont ausfahrenden Strahlen allerdings vereinigt, das Bild wird an seinen beiden Enden durch Zerstreuungsbilder nicht verlängert, aber die in verticaler Richtung ausgehenden Strahlen schneiden die Netzhaut in verticalen Linien, wie dies in Fig. 87. I angedeutet ist. Die horizontale Linie erscheint in Folge dessen verbreitert, nicht schwarz, sondern grau; ihr Zerstreuungsbild fliesst mit dem Zerstreuungsbilde des zwischen je zwei schwarzen Linien gelegenen weissen linienförmigen Zwischenraumes zusammen, daher die einzelnen Linien nicht scharf von einander unterschieden werden. Für die deutliche Wahrnehmung der verticalen Linien sind dagegen die besten Bedingungen gegeben. Da die in horizontaler Richtung laufenden Strahlen jedes Punktes der Verticallinie sich vereinigen, erscheint diese Linie nicht verbreitert, sondern in ihrer seitlichen Begrenzung scharf; in verticaler Ebene bildet sich allerdings jeder Punkt als eine verticale Linie auf der Netzhaut. Da aber alle diese verticalen Zerstreuungslinien in verticaler Richtung über einander liegen, so decken sie sich vollständig,

Fig. 86.

Fig. 87 I.



und nur am oberen und unteren Ende wird das Bild der Linie je um die halbe Länge einer solchen verticalen Zerstreuungslinie vergrössert, die verticale Linie erscheint daher scharf von ihren Nachbarn getrennt, nur etwas verlängert. Indem wir die Liniensysteme dem Auge weiter annähern, wird endlich die vordere (horizontale) Brennlinie in die Netzhaut fallen. Jetzt kommen die in verticaler Richtung ausfahrenden Strahlen zur Vereinigung. Die horizontalen Linien befinden sich jetzt unter denselben günstigen Bedingungen, wie früher die verticalen, werden daher nunmehr deutlich gesehen, während die verticalen undeutlich erscheinen (Fig. 87. II). Unter der Voraussetzung also, dass

Fig. 87 II.

II

der verticale Meridian der stärkstbrechende sei, hat sich ergeben, dass unter den Linien die verticalen auf den grössten Abstand erkannt werden. Es folgt daraus, dass, wenn man dem kurzsichtigen oder kurzsichtig gemachten Auge feine Liniensysteme, welche den verschiedensten Meridianrichtungen entsprechen, allmälig nähert, durch die Richtung desjenigen Liniensystems, welches zuerst deutlich wird, die Richtung eines Hauptmeridians, und zwar des stärkstbrechenden angegeben wird. Blickt ein astigmatisches Auge aus der Entfernung, z. B. aus dem üblichen Abstande von 20′ nach einer Tafel, auf welcher Liniensysteme in verschiedenen Meridianen angebracht sind, so wird auch, wenn nicht ein bedeutender Axenfehler das Sehen auf solche Distanz ganz hindert, Ein System am schärfsten, das senkrecht darauf stehende am undeutlichsten gesehen, aber es wäre gewagt, aus dem Umstande z. B., dass die horizontalen Linien am deutlichsten erscheinen, den Schluss zu ziehen, dass der horizontale Meridian der stärkstbrechende sei, denn es kann sein, dass das Auge hypermetropisch ist, die Bilder also hinter die Netzhaut fallen, dass aber durch Accommodation die vordere Brennlinie auf die Netzhaut gebracht wird, oder dass ohne jegliche Accommodation die vordere Brennlinie in der Netzhaut liegt. Dann wird, wenn der verticale Meridian der stärkstbrechende ist, die horizontale Brennlinie in der Netzhaut liegen, und es erscheinen, wiewohl der verticale Meridian der stärkstbrechende ist, die entfernten horizontalen Linien deutlich. Wenn man also aus der Richtung der auf Abstand deutlichsten Linien einen Schluss auf die Richtung des stärkstbrechenden Meridians ziehen will, muss man sich überzeugen, dass bei bestimmter Annäherung die um 90° abweichenden Linien deutlich werden. In dem angeführten Falle von hypermetropischem Astigmatismus werden, indem die ganze Brennstrecke hinter die

Netzhaut rückt, bei einer bestimmten Annäherung die horizontalen Linien zwar undeutlich, aber die verticalen nicht deutlich werden.

Eine weitere Eigenthümlichkeit des astigmatischen Auges ist folgende:

Ich nehme an, ein Auge würde in seinem horizontalen Meridiane (Hauptschnitt) parallele Strahlen auf seiner Netzhaut vereinigen, im verticalen Meridiane jedoch nur solche, welche von einem 20″ entfernten Punkte ausgingen. Ich drehe jetzt vor einem solchen Auge — $^1/_{20}$ *c*, also ein Glas, welches nach einer Richtung keine, nach der senkrecht darauf stehenden die Wirkung eines Concavglases $^1/_{20}$ hat. Im verticalen Meridian des unbewaffneten Auges besteht $M^1/_{20}$, im horizontalen *E*. Halte ich das Glas so vor das Auge, dass dessen Axe vertical steht, dann ist der wirkende Meridian horizontal, der unwirksame vertical gelegen. Die $M^1/_{20}$ des verticalen bleibt bestehen, im horizontalen wird aus Emmetropie $H^1/_{20}$ gemacht. Die Art der Sehstörung bei Astigmatismus haben wir noch nicht erörtert, aber es ist klar, dass wenn Punktbilder auf der Netzhaut überhaupt nicht, sondern nur elliptische, kreis- oder linienförmige Zerstreuungsbilder zu Stande kommen können, die Deutlichkeit des Sehens im Allgemeinen darunter leiden und um so mehr leiden wird, je grössere Dimensionen die Zerstreuungsbilder annehmen, also je grösser die Brennstrecke, je höheren Grades der Astigmatismus ist. Das Auge mit $M^1/_{20}$ in dem einen, mit *E* im zweiten Hauptmeridian zeigt eine Refractionsdifferenz $^1/_{20}$; wenn aber aus dem emmetropischen Meridian ein solcher mit $H^1/_{20}$ wird, dann wird die Refractionsdifferenz verdoppelt, sie beträgt $^1/_{10}$, d. h. um die Refraction der beiden Meridiane jetzt auszugleichen, müsste ich entweder in den horizontalen Convex $^1/_{10}$ (dann hätten beide Meridiane $M^1/_{20}$) oder in den verticalen Concav $^1/_{10}$ (dann wäre in beiden Hauptschnitten $H^1/_{20}$) setzen. Das unbewaffnete Auge, auf 20′ vor die Snellen'sche Tafel gestellt, sieht schlecht, hat etwa nur $S^{20}/_{50}$, setze ich — $^1/_{20}$ *c* in der genannten Weise vor, dann sieht es noch viel schlechter, hat nur $S^{20}/_{100}$. Drehe ich aber das Cylinderglas nunmehr um 90°, so dass der wirksame Meridian vertical, die Axe horizontal liegt, dann bleibt das Auge im horizontalen Meridiane emmetropisch und wird es im verticalen. Die Refractionsdifferenz, der Astigmatismus ist corrigirt und in Folge dessen steigt die Sehschärfe auf $^{20}/_{20}$. Es ist klar, dass wenn das vor dem Auge herumgedrehte Cylinderglas auch nicht den Astigmatismus vollständig corrigirt, doch immer bei einer Stellung des Glases die wesentlichste Verschlechterung, bei einer darauf senkrechten die grösste Verbesserung des

Sehens zu constatiren sein wird. Ist das angewendete Cylinderglas ein concaves, dann gibt die Richtung, welche die Axe im Momente des deutlichsten Sehens einnimmt, die Richtung des schwächstbrechenden Meridians an. Bei Anwendung eines Convexcylinders wird in diesem Momente durch die Axe die Richtung des stärkstbrechenden Meridians veranschaulicht. Ist ein Auge von Astigmatismus frei, dabei z. B. emmetropisch, dann wird durch ein Cylinderglas Astigmatismus erzeugt, aber wie man auch das Glas stellen mag, immer besteht die gleiche Meridianasymmetrie, in dem einen Meridiane Emmetropie und im senkrecht darauf stehenden z. B. $M^1/_{20}$, wenn $^1/_{20}$ *c* herumgedreht wird. Es wird daher während der Drehung des Glases vor dem Auge das Sehen immer schlechter sein, als mit freiem Auge. Trotz des stets gleichbleibenden Astigmatismus wird übrigens bei der Prüfung mit Snellen's Buchstaben das Sehvermögen, während das Glas vor dem Auge herumgedreht wird, nicht gleich schlecht sein, weil Buchstaben, die aus horizontalen und aus verticalen Strichen zusammengesetzt sind, je nach der Stellung des Glases verschieden deutlich erscheinen [1]) — aber an keiner Stelle wird durch das Cylinderglas besser gesehen, als ohne Glas. Bei diesen Versuchen mit Cylindergläsern muss man übrigens, wie Aehnliches für die sphärischen Gläser gilt, für sehr geringe Grade von Astigmatismus sehr schwache, für höhere Grade stärkere, mitunter sehr starke Cylindergläser nehmen, um ein Resultat zu erzielen. Zu starke Gläser im ersten Falle verschlechtern das Sehen so, dass die geringe Differenz in der Deutlichkeit bei den zwei Hauptstellungen undeutlich wird, und zu schwache Gläser im letzteren Falle verbessern das Sehen so wenig, dass eine evidente Wirkung ausbleibt.

Den Proben mit dem Lichtpunkt, den Liniensystemen und dem Cylinderglase schliesst sich noch die an, dass man durch eine schmale, sogenannte stenopäische Spalte in einer Metallplatte von 1—2 M.M. Weite hindurchsehen lässt. Da dabei wenn auch nicht ein mathematischer Meridian, so doch in ihrer Brechkraft wenig differente Meridiane des dioptrischen Systems allein bilderzeugend wirken, muss die durch Astigmatismus hervorgerufene Sehstörung zum Theile schwinden. Das Sehen des Astigmatikers bessert sich daher bei Anwendung eines stenopäischen Schlitzes, der Nichtastigmatiker wird von der Anwendung einer solchen Spalte keinen Vortheil, nur den Nachtheil der Lichtentziehung haben. Da es aber doch nur in den Hauptschnitten zur wirklichen Vereinigung der Lichtstrahlen kommt, daher die durch diese

[1]) S. pag. 732.

Meridiane entworfenen Bilder durch besondere Deutlichkeit sich auszeichnen, so wird ein myopischer oder myopisch gemachter Astigmatiker, der nach einer innerhalb seiner Sehweite gelegenen Schriftprobe durch einen stenopäischen Schlitz blickt, während des Rotirens des Spaltes vor seinem Auge zwei Stellen finden, in welchen nach gehöriger Regulirung des Abstandes des Objectes, dasselbe am deutlichsten erscheint — diese beiden auf einander senkrechten Richtungen des Spaltes geben die Richtungen der beiden Hauptschnitte. Die Fernprobe mit dem stenopäischen Spalte ist auch wieder mit Vorsicht anzustellen. Hat ein Auge z. B. im horizontalen Meridiane Emmetropie, im verticalen $M\,{}^1/_{10}$, dann wird ein Spalt, dem emmetropischen Hauptschnitt parallel gestellt, allerdings das Sehvermögen sehr wesentlich verbessern, aber durch den vertical gehaltenen Schlitz wird wegen der im verticalen Meridiane bestehenden $M\,{}^1/_{10}$ sehr schlecht in die Ferne gesehen und durch die zwischenliegenden Meridiane, trotz ihrer optischen Unvollkommenheit besser, weil sie nicht so stark brechend sind. Uebrigens bedarf es auch, damit dieser Versuch, selbst zweckmässig angestellt ein deutliches Resultat gebe, eines gewissen Astigmatismusgrades. Sehr geringer Astigmatismus wird durch das Herumdrehen eines Cylinderglases ${}^1/_{100}$ oder ${}^1/_{80}$ (leicht herzustellen durch Zusammenlegen eines positiven und negativen Cylinders) oder durch den mit verschieden gerichteten Liniensystemen veranstalteten Naheversuch am besten erwiesen.

Das sind die verschiedenen Haupt-Erscheinungen, wie sie aus dem Wesen der monochromatischen Aberration des Auges hervorgehen. Proben, bei denen die chromatische Aberration mit im Spiele ist, sind nicht herbeizuziehen. Es fragt sich jetzt: Wie und wie viel sieht ein Astigmatiker? Da wollen wir zuvörderst die verschiedenen Arten des Astigmatismus kennen lernen. Axenfehler des Auges werden nach Donders durch den Werth einer sphärischen Linse ausgedrückt. In gleicher Weise wurde der Astigmatismus *(As)* schon von Thomas Young durch einen Linsenwerth ausgedrückt. Setze ich z. B. vor ${}^1/_{18}$ *s* eine positive Cylinderlinse ${}^1/_{36}$, dann wirkt die Combination in der Ebene der Cylinderaxe, wie ${}^1/_{18}$, senkrecht darauf, wie ${}^1/_{18} + {}^1/_{36} = {}^1/_{12}$. Die vorgesetzte Cylinderlinse ist offenbar der Ausdruck für die jetzt bestehende Differenz in der Brechkraft der beiden Hauptmeridiane, für den Astigmatismus, und wäre mir die Art der Entstehung eines solchen Astigmatismus nicht bekannt, sondern nur die Brechkraft ${}^1/_{12}$ und ${}^1/_{18}$ der beiden Hauptmeridiane, dann würde ich As finden, indem ich die Brechkräfte der beiden Hauptmeridiane von einander subtrahire, also $As = {}^1/_{12} - {}^1/_{18} = {}^1/_{36}$. In derselben

Weise wird der Astigmatismus des Auges ausgedrückt. Je nach der Brechkraft der beiden Hauptmeridiane des Auges sind nach Donders verschiedene Fälle möglich und kommen auch wirklich vor. Es können folgende Kategorien aufgestellt werden:

1. Einfacher Astigmatismus, und zwar einfacher hypermetropischer und einfacher myopischer Astigmatismus. Dabei besteht in einem Hauptschnitt Emmetropie, im zweiten Hypermetropie oder Myopie. *As* wird bestimmt, indem man von der Brechkraft des stärkstbrechenden Meridians jene des schwächstbrechenden subtrahirt. Besteht also im Meridian *X* der stärksten Krümmung *E* (Refraction $\frac{1}{\infty}$), in *Y*, jenem der schwächsten Krümmung *H* $^1/_{10}$ (Refraction $-\,^1/_{10}$), dann erhält man

$$As = \frac{1}{\infty} - (-\,^1/_{10}) = {}^1/_{10};$$

besteht in *X*: *M* $^1/_{10}$; in *Y*: *E*, dann ist

$$As = {}^1/_{10} - \frac{1}{\infty} = {}^1/_{10}$$

Der Astigmatismus ist in beiden Fällen gleich. Dem einfachen hypermetropischen *As* gibt man mit Donders die Signatur: *Ah*, dem einfachen myopischen: *Am*. Man schreibt also für die beiden genannten Fälle: Es besteht *Ah* $^1/_{10}$, beziehungsweise *Am* $^1/_{10}$.

2. Zusammengesetzter Astigmatismus, zusammengesetzter hypermetropischer und zusammengesetzter myopischer *As*.

Es besteht in beiden Hauptmeridianen gleichnamige, aber natürlich dem Werthe nach differente Ametropie.

In *X* bestehe *H* $^1/_{18}$ ($-\,^1/_{18}$), in *Y* *H* $^1/_{12}$ ($-\,^1/_{12}$), dann ist

$$As = -\,^1/_{18} - (-\,^1/_{12}) = {}^1/_{12} - {}^1/_{18} = {}^1/_{36}$$

Der Fehler wird ausgedrückt durch:

$$H\,{}^1/_{18} + Ah\,{}^1/_{36}$$

d. h. in beiden Hauptmeridianen besteht *H* $^1/_{18}$, fehlt eine Linse $^1/_{18}$ im Vergleiche zum dioptrischen System des emmetropischen Auges, aber in einem Meridiane, dem der schwächsten Curvatur, fehlt noch dazu eine Linse $^1/_{36}$, also in diesem eine Linse $^1/_{12}$ in summa.

Als Beispiel des zusammengesetzten myopischen Astigmatismus sei in *X*: *M* $^1/_{12}$, in *Y*: *M* $^1/_{18}$, demnach

$$As = {}^1/_{12} - {}^1/_{18} = {}^1/_{36}$$

Es besteht:

$$M\,{}^1/_{18} + Am\,{}^1/_{36}$$

d. i. zu der in beiden Meridianen vorhandenen *M* $^1/_{18}$ kommt im stärkstbrechenden noch *M* $^1/_{36}$.

3. Gemischter Astigmatismus, dadurch gekennzeichnet, dass in den Hauptmeridianen ein entgegengesetzter Brechzustand da ist, also in

dem einen Hypermetropie, im zweiten Myopie. Ist die Myopie dem Werthe nach überwiegend, dann drückt Donders einen solchen *As* aus durch das Zeichen: *Amh*; bei überwiegender Hypermetropie wird *Ahm* geschrieben.

Es sei in $X: M\,^1/_{18}$, in $Y: H\,^1/_{36}$, dann ist

$$As = {}^1/_{18} - (-{}^1/_{36}) = {}^1/_{18} + {}^1/_{36} = {}^1/_{12}$$

Amh wird ausgedrückt durch $M\,^1/_{18} + H\,^1/_{36}$.

Ist in $X: M\,^1/_{36}$, in $Y: H\,^1/_{18}$, dann ist

$$As = {}^1/_{36} - (-{}^1/_{18}) = {}^1/_{12}$$

$$Ahm = M\,^1/_{36} + H\,^1/_{18}.$$

Diese Eintheilung des Astigmatismus nach Donders erschöpft die verschiedenen Fälle, welche in Betreff der Refraction der beiden Hauptmeridiane möglich sind, es scheint mir daher nicht gerechtfertigt, wenn Javal dieselbe verwirft.

Alle die verschiedenen Proben, welche man bei Astigmatismus mit einem Lichtpunkte, mit den Liniensystemen, mit stenopäischer Spalte u. s. w. anstellen kann, geben keinen Aufschluss darüber, wie Astigmatiker eigentlich sehen. Die beim Sehen der Astigmatiker auftretenden Verhältnisse lassen schon a priori eine grössere Complication erwarten, als dies bei Ametropen der Fall ist. Bei Ametropie, Hypermetropie oder Myopie, handelt es sich entweder um deutliche Bilder oder um kreisförmige Zerstreuungsbilder auf der Netzhaut. Aufgabe der Accommodation kann es werden, die kreisförmigen Zerstreuungskreise zu verkleinern oder zu eliminiren. Bei Astigmatismus hingegen haben einerseits die Zerstreuungsfiguren sehr verschiedene Formen und es wird sich zunächst fragen, von welchen derselben der Astigmatiker, (falls es in seiner Macht steht, beliebige Stellen der Brennstrecke auf die Netzhaut zu bringen) bei den verschiedenen Anforderungen des Sehactes Gebrauch macht. Andererseits könnte auch der Accommodationsmuskel bei Astigmatismus eine eigenthümliche Rolle sich aneignen. Es ist ganz gleichgiltig, in welcher Weise der dioptrische Apparat sich an der Erzeugung der Asymmetrie betheiligt, aber so viel ist einleuchtend, dass durch eine ungleichmässige Contraction des Accommodationsmuskels und die dadurch hervorgerufene ungleichmässige Krümmung der Linse der Astigmatismus ebenso gut (factisch besser) corrigirt werden könnte, wie durch ein Cylinderglas.

Wenden wir uns zunächst der ersteren Frage (Verwendung der verschiedenen Zerstreuungsbilder zum Zwecke des deutlichsten Sehens) zu, so sei vor Allem hervorgehoben, dass wir zwar durch

das Experimentiren mit cylindrischen Gläsern einige diesbezügliche Thatsachen ergründen, aber uns noch lange keine Vorstellung darüber machen können, wie Natur-Astigmatiker jenes Grades, den wir durch Cylindergläser künstlich erzeugen, sehen. Etwas Aehnliches haben wir schon bei den absoluten Hypermetropen kennen gelernt. Die Leistungen ihres Sehvermögens sind dem Emmetropen unbegreiflich, der sich durch Concavgläser den Brechzustand jener hypermetropischen Augen verschafft. Man hat geglaubt und namentlich Donders hat zur Verbreitung dieser Ansicht das Meiste beigetragen, dass die Astigmatiker im Allgemeinen die Mitte der Brennstrecke, soll heissen die kreisförmige Stelle derselben, die wie wir wissen niemals in der Mitte, sondern immer der vorderen Brennlinie näher als der hinteren gelegen ist — in der Mitte der Brennstrecke ist das Zerstreuungsbild immer eine Ellipse — ich sage, man hat geglaubt, dass Astigmatiker mit Zerstreuungskreisen sehen, ebenso wie nicht richtig accommodirte Ametropen. Javal, Kugel und Dobrowolsky haben gezeigt, dass diese Annahme nicht richtig ist, man sieht übrigens leicht ein, dass sie ja schon aus rein optischen Gründen nicht durchaus stichhaltig sein kann. Besteht einfacher myopischer Astigmatismus, z. B. im verticalen Meridian $M^1/_{10}$, also im horizontalen Emmetropie, dann steht beim Sehen in die Ferne die hintere, verticale Brennlinie auf der Netzhaut und es hängt nicht vom Belieben ab, einen anderen Theil der Brennstrecke einzustellen. Erst bei einer bestimmten Annäherung des Objectes wird überhaupt die Möglichkeit gegeben, mit Zerstreuungskreisen zu sehen, eine Annäherung, die beim zusammengesetzten myopischen Astigmatismus noch grösser sein muss, um den vorliegenden Zweck zu erreichen. Beim einfachen hypermetropischen Astigmatismus wird bei normalem Accommodationsvermögen und beim Sehen in die Ferne das in Rede stehende Postulat häufig zu erreichen sein, dagegen nicht mehr so häufig beim zusammengesetzten hypermetropischen Astigmatismus — und beim Sehen in die Nähe kann in beiden Fällen und wird sehr gewöhnlich in dem letzteren die Einstellung des Kreises unmöglich werden. Nur beim gemischten Astigmatismus, wenn die beiden Hauptmeridiane ungefähr die gleichen Refractionswerthe mit entgegengesetztem Zeichen zeigen, bei dieser seltensten Form von *As* sind die günstigsten Bedingungen gesetzt, dass beim Fern- und Nahesehen der Kreis der Brennstrecke auf der Netzhaut seinen Platz einnimmt. Sowie also einerseits der Astigmatiker häufig gar nicht im Stande ist, den Brennstreckenkreis einzustellen, so zeigt andererseits die Erfahrung, das kreisförmige Zerstreuungsbilder im Allgemeinen durchaus nicht die günstigsten sind,

und unter den gewöhnlichen Anforderungen an den Sehact gegen Zerstreuungslinien zurückstehen. Wenn das richtig ist, dann wird der Ametrope, der in Zerstreuungskreisen sieht, es vorziehen, diese, falls es ihm möglich ist, in Zerstreuungslinien zu verwandeln, und wird so durch Erzeugung von Astigmatismus seine Sehschärfe erhöhen. Es ist dies ein Manöver, das ein grosser Theil jener Myopen, die keine neutralisirenden Brillen tragen, ausführt und welches bisher gänzlich unrichtig gedeutet worden ist. Man kann bei Donders lesen, dass der Opticus Cary, welchem Thomas Young die Entdeckung des regulären Astigmatismus an seinem eigenen Auge (zu Ende des vorigen Jahrhunderts) mittheilte, ihm die Bemerkung machte, dass er bereits mehrere Male zu beobachten Gelegenheit gehabt, wie Kurzsichtige besser sahen, wenn sie die Concavgläser in einer bestimmten Richtung schief vors Auge hielten. Achtet man darauf, wie sich brillentragende Myopen auf der Strasse benehmen, besonders wenn sie das Herannahen eines Bekannten wittern, dann sieht man häufig, dass sie ihren Kopf drehen und zwar entweder um die Quer- oder um die Verticalaxe. Die um die Queraxe Drehenden werfen den Kopf entweder zurück, wodurch sie eine stolze Haltung einzunehmen scheinen oder sie neigen ihn zur Erde, wobei sie mit ihren nach oben gerichteten Augen heuchlerisch drein blicken. Die den Kopf um die Verticalaxe Drehenden drehen ihn bald nach rechts, bald nach links; Manche machen die Bewegungen nicht vorübergehend, sondern haben sich eine der besprochenen Haltungen ganz angewöhnt, gehen also mit dem Kopf in den Nacken zurück- oder auf die Brust vorgebeugt oder rennen stets schief auf der Strasse. Man könnte glauben, dass die Myopen solches thun, um Astigmatismus zu corrigiren. Doch da müssen wir erst sagen, wie durch das Schiefhalten sphärischer Gläser Astigmatismus corrigirt werden kann.

Eine Concavlinse $^1/_7$ z. B. so vor das Auge gehalten, dass ihre Axe mit der Gesichtslinie zusammenfällt, wirkt in allen Meridianen wie $-\,^1/_7$. Wenn ich aber gerade nach vorne blickend die Linse am oberen und unteren Rande zwischen zwei Fingern fasse und um die verticale Axe drehe, dann schliesst die Linsenaxe mit der Gesichtslinie einen Winkel ein und der horizontale Meridian der Linse, der mit der Gesichtslinie nicht mehr einen Winkel von 90^0 bildet, wirkt stärker lichtzerstreuend als der verticale. Das Analoge gilt für eine Convexlinse. Der auf die Gesichtslinie schief stehende Meridian bricht das Licht stärker, als der als Drehungsaxe dienende. Auch der verticale Meridian bildet, da die Linse nicht ideal, sondern von bestimmter Dicke ist, nunmehr einen Winkel mit der Gesichtslinie, auch seine Brechkraft

wird in Folge dessen, aber nur um ein Geringes vermehrt. Von dieser Alteration der Brechkraft des verticalen Meridians wollen wir der Einfachheit wegen bei der folgenden Darstellung absehen. Indem ich also ein sphärisches Glas schief vor das Auge halte, erzeuge ich denselben Effect, als wenn ich vor das senkrecht auf der Gesichtslinie stehende Glas ein einfaches Concav- oder Convexcylinderglas von bestimmter Brennweite und bestimmter Axenrichtung vorhalte. Kugel gibt z. B. an, dass wenn er vor sein mit zusammengesetztem hypermetropischem Astigmatismus und zwar mit $H\,{}^1/_{6\cdot5}$ im Meridian der schwächsten, $H\,{}^1/_{22}$ in jenem der stärksten Krümmung behaftetes Auge ein sphärisches Glas $^1/_{30}$ setzt und es um eine mit dem Meridian der stärksten Krümmung zusammenfallende Axe um 54° dreht, dann seine Sehschärfe von $^1/_{17}$ auf $^1/_2$ steigt. Es könnte desshalb auch scheinen, dass Myopen dadurch, dass sie in Folge der Kopfdrehung schief durch die Brillen hindurchsehen, Astigmatismus corrigiren und zwar müssten jene Myopen, welche den Kopf um die Queraxe drehen, im verticalen Meridian des Auges die stärkste Krümmung haben, während bei den den Kopf zur Seite Stellenden der Horizontalmeridian der stärkstbrechende ist. Das ist aber im Allgemeinen nicht richtig. Alle Myopen sehen nämlich besser durch ein schiefgehaltenes Glas, wenn dasselbe nicht vollkommen neutralisirend ist, und nur jene Myopen haben einen die Sehschärfe deutlich beeinträchtigenden Grad von Astigmatismus, welche durch Schiefstellung des best corrigirenden sphärischen Glases einen Gewinn davontragen. Diese Letzteren werden natürlich nur dadurch einen Vortheil haben, dass das sphärische Glas in ganz bestimmter Weise um eine bestimmte Axe gedreht wird, während die Drehung des Glases um eine senkrecht darauf stehende Axe den Astigmatismus vermehren, die Sehschärfe herabsetzen würde. Alle Myopen sehen aber besser, wenn man das nicht neutralisirende Glas in irgend einer Richtung schief hält und es ist nicht durch eine bestimmte Form von Astigmatismus, sondern nur durch Angewöhnung wohl auch durch andere gleich näher zu bezeichnende Umstände bedingt, wenn Myopen das eine Mal den Kopf um eine Queraxe, das andere Mal um die Verticalaxe drehen. Es handelt sich nicht um Corrigirung, sondern um Erzeugung von Astigmatismus zum Zwecke deutlicheren Sehens. Halte ich bei Verschluss des rechten Auges Concav $^1/_7$ vor mein linkes Auge zunächst so, dass Gesichtslinie und Linsenaxe zusammenfallen, dann erkenne ich bei mittlerer Beleuchtung (und der desshalb sowie wegen des einäugigen Sehens relativ weiten Pupille) auf 20′ nur Buchstaben LXX Snellen — *ich erkenne* sie, aber ohne selbst diese deutlich zu sehen. Drehe ich

aber jetzt das Concavglas zunächst um die verticale Axe, so steigt meine Sehschärfe, bis bei einer bestimmten Schiefstellung des Glases Buchstaben XXX ganz deutlich erkannt werden. Dieselbe Hebung der Sehschärfe findet statt, wenn ich das Glas um die horizontale Axe drehe, nur kann ich da noch einzelne Buchstaben von XX erkennen. Concav $^1/_7$ corrigirt $M\,^1/_{7\cdot5}$ und von meiner $M\,^1/_6$ bleibt $M\,^1/_6 - {}^1/_{7\cdot5} = {}^1/_{30}$ uncorrigirt. Indem ich das Glas um eine Axe drehe, wird der senkrecht darauf stehende Meridian des Glases stärker wirkend und bei einer bestimmten Drehung erfolgt die Neutralisation des Auges in diesem letzteren Meridiane, dann nämlich wenn dasselbe wie $-\,{}^1/_{5\,1/_4}$ wirkt. Aus meiner $M\,^1/_{30}$ habe ich jetzt c. $Am\,^1/_{30}$ gemacht, wobei je nach der Drehung des Glases der Meridian der stärksten Krümmung vertical oder horizontal steht und durch die Umwandlung von $M\,^1/_{30}$ in c. $Am\,^1/_{30}$ ist meine Sehschärfe um mehr als das Doppelte, nahezu um das Dreifache gestiegen. Schon der Umstand, dass die Hebung der Sehschärfe sowohl bei Drehung des Glases um die verticale, als auch bei Drehung um die horizontale Axe auftritt, zeigt, dass es sich nicht um Correction von *As* handeln kann. Das lässt sich begreiflicher Weise auch direct beweisen. Wenn ich mein Auge durch ein sphärisches Glas genau corrigire, dann kann ich zwar noch eine Spur von Astigmatismus nachweisen, aber weder durch Schiefstellung des Glases noch durch Vorsetzen einer Cylinderlinse kann ich eine ausdrückbare Verbesserung meines Sehvermögens erlangen.

Sowie es ein an und für sich bemerkenswerthes Factum ist, dass Ametropen (denn was für nicht corrigirte Myopen gilt, gilt in ganz gleicher Weise für nicht corrigirte Hypermetropen) durch Schiefstellung ihrer sphärischen Gläser, oder entsprechende Drehung des Kopfes Astigmatismus erzeugen, um ihre Sehschärfe zu verbessern, so geht andererseits daraus auch klar hervor, dass die kreisförmigen Zerstreuungsbilder wenigstens für das Erkennen von Schriftzeichen Zerstreuungslinien im Werthe nachstehen. Denn was geschieht, wenn ich $-\,^1/_7$ um die verticale Axe bis zur Correction des horizontalen Meridians des Auges drehe? Im verticalen Meridian besteht dann c. $M\,^1/_{30}$, im horizontalen E. Beim Blick nach einem entfernten Gegenstande liegt die hintere Brennlinie, welche in diesem Falle vertical ist, in der Netzhaut. Alle Objectpunkte werden als verticale Linien abgebildet, man sieht mit verticalen Zerstreuungslinien. Drehe ich das sphärische Glas um die horizontale Axe, dann ist im verticalen Meridiane E, im horizontalen c $M\,^1/_{30}$, das Auge sieht jetzt mit horizontalen Zerstreuungslinien. Beim Betrachten der Snellen'schen Buchstaben steigt S relativ

am höchsten, wenn das Zerstreuungsbild eine Linie ist, die Linie hat den Vorzug vor dem Kreis und der Ellipse, aber es ist auch nicht gleichgiltig, welche Richtung die Zerstreuungslinie einnimmt. Am wenigsten stören bei der Form der lateinischen quadratischen Buchstaben verticale und horizontale Linien, und von diesen beiden die letzteren wieder für mein Auge weniger, als die verticalen. Man darf übrigens nicht vergessen, dass es abgesehen von der Richtung der Brennlinien nicht gleichgiltig ist, ob ein Auge die vordere oder hintere Brennlinie auf die Netzhaut bringt, weil da die vordere Brennlinie immer kürzer als die hintere ist, im ersteren Falle die Zerstreuungsbilder immer kleiner sind.

Dass beim Sehen in die Ferne der einfache myopische Astigmatismus vor der Myopie gleichen Grades einen wesentlichen Vorzug hat, hat auch Dobrowolsky (1868) beim Experimentiren mit Cylinder- und Convexgläsern erfahren, aber die Nutzanwendung, welche nicht corrigirte Myopen von dieser Thatsache durch Schiefstellung der sphärischen Gläser machen, wurde übersehen. Kugel gibt (1865) an, dass wenn man vor das Auge ein Cylinderglas so hält, dass die Axe weder horizontal noch vertical steht, die Verschlechterung des Sehens am grössten ist, weil die schiefen Zerstreuungslinien bei der Form unserer Buchstaben am störendsten wirken. Für Snellen's Probe-Buchstaben findet auch er horizontale Zerstreuungslinien nie so störend, wie verticale. Für deutsche Buchstaben ist das Gegentheil der Fall. Javal führt (1865) aus, dass die Astigmatiker eine Brennlinie auf die Netzhaut stellen und zwar gewöhnlich die verticale. Doch muss dagegen bemerkt werden, dass dies häufig ebensowenig im individuellen Belieben liegt, wie das Einstellen des Brennstreckenkreises. Dass Astigmatiker mit verticalen Zerstreuungslinien zu sehen vorziehen, erklärt Javal daraus, dass dabei Objecte mit verticalen Strichen deutlich gesehen werden, und andererseits durch die Verengerung der Augenlidspalte es möglich wird, die verticalen Zerstreuungslinien horizontaler Striche möglichst zu verkleinern und so auch horizontale Striche deutlich zu sehen. Könnten die Augenlider eine verticale Spalte bilden, dann würden gar manche Astigmatiker für die horizontalen Linien accommodiren, und der verticalen Augenlidspalte die Ermöglichung deutlicher Bilder verticaler Linien überlassen. Dann spielen aber auch in unserer Druck- und Handschrift Verticallinien die Hauptrolle, zu deren deutlicher Wahrnehmung verticale Zerstreuungslinien nothwendig sind.

Soviel ist ersichtlich, dass für die meisten Beschäftigungen, namentlich aber beim Lesen und Schreiben, der Astigmatiker, auch wenn er es kann, nicht den Kreis der Brennstrecke, sondern wenn möglich

eine Brennlinie auf die Netzhaut stellt, dass die verticale und horizontale Richtung der Brennlinien die günstigsten sind und dass bald die eine, bald die andere Form dieser zwei Zerstreuungsbilder zur Unterscheidung der Objecte besonders tauglich ist. Ohne Zerstreuungsbilder kann aber der Astigmatiker nicht sehen und darin beruht der störende Einfluss des Astigmatismus auf die Sehschärfe. Die Sehschärfe wird, sobald der Astigmatismus eine gewisse Höhe erreicht hat, in allen Entfernungen in störender Weise herabgesetzt und das ist das eine, wichtigste Moment, welches die Correction des Refractionsfehlers erheischt. Doch muss bemerkt werden, dass sowie einerseits der durch Cylindergläser erzeugte Astigmatismus uns keine Vorstellung gibt, wie Astigmatiker sehen, diese Letzteren selbst unter einander wesentlich darin differiren, wie sie von den Zerstreuungsbildern zu abstrahiren vermögen. Natürlich spielt dabei auch die Weite der Pupille eine sehr bedeutende Rolle. Sowie z. B. Myopen gleichen Grades in sehr verschiedener Weise in die Ferne sehen und ausserdem bei dem Einzelnen die Fernsehschärfe nach der jeweiligen Pupillenweite variirt, ebenso verhält es sich im Allgemeinen beim Astigmatiker. Ueber die Höhe der Sehstörung werden wir noch dort sprechen, wo wir von der Leistung der Cylindergläser handeln werden. Abgesehen von der Herabsetzung der Sehschärfe überhaupt fragt es sich noch, ob nicht der Refractionsfehler einen Einfluss auf die Beurtheilung der Form der Objecte ausübt. Wenn ich — $^1/_7$ vor meinem Auge um die verticale Axe drehe, so bemerke ich, dass während die Snellen'schen Buchstaben immer deutlicher hervortreten, dieselben sich dabei in die Länge ziehen; und in die Breite, wenn das Glas um die horizontale Axe gedreht wird. Der auf die Axe senkrechte Meridian wirkt als stärkeres Concavglas, daher stärker verkleinernd als der als Axe dienende. Bei Schiefstellung einer Convexlinse findet das analoge Phänomen statt, indem dem schiefgestellten Meridiane eine stärkere Vergrösserung des Netzhautbildes entspricht. Dasselbe findet statt, wenn wir Cylindergläser vor's Auge setzen. Im Auge des Astigmatikers wird daher auch die Grösse der Netzhautbilder in den beiden Hauptmeridianen ganz abgesehen von deren grösserer oder geringerer Deutlichkeit verschieden sein, die Differenz in der Bildgrösse jedoch relativ geringer ausfallen, weil die additionelle Cylinderlinse, durch welche wir uns den Astigmatismus gleichsam entstanden denken können, nicht vor, sondern in dem Auge steht. Trotzdem wäre es unrichtig zu glauben, dass dem originären Astigmatiker alle Objecte verzerrt erscheinen. Es kommt zwar vor, dass Astigmatiker Kreise als Ellipsen, Quadrate als Recht-

ecke u. s. w. sehen, aber das ist nicht die Regel; namentlich gelingt es nicht sich zu überzeugen, dass der Astigmatiker die Objecte in anderer Form wahrnehme, wenn der Refractionsfehler durch Cylindergläser corrigirt und dadurch jedenfalls günstigere Verhältnisse zur Ausgleichung der verschiedenen Grösse der Netzhautbilder in den beiden Hauptmeridianen gesetzt werden. Es kann auch nicht richtig sein, dass ein Astigmatiker, der alle Objecte verzerrt sieht, dieselben verzerrt zeichnet, denn die verzerrt gezeichneten können ihm unmöglich naturgetreu erscheinen. Er muss einen Kreis als Kreis zeichnen, damit er seine scheinbare elliptische Form wiedergibt, kann ihn aber unmöglich als Ellipse zeichnen, weil ja diese Ellipse eine grössere Excentricität hätte, als die, die der Astigmatiker zeichnen will, und ein solcher Vorgang ebenso objectiv fehlerhaft und subjectiv unbegründet wäre, wie wenn ein Nichtastigmatiker einen Kreis als wenig excentrische Ellipse zeichnen würde. Auch wenn der Astigmatismus nicht angeboren ist, sondern in späteren Jahren erworben wird, kann eine fehlerhafte Zeichnung der Objecte der Aussenwelt nur durch gleichzeitig nachlassende Intelligenz begründet sein. Denn der Maler z. B., der im Vollbesitze seiner Intelligenz sich befindet und Astigmatismus erwirbt, muss wissen, dass die Welt sich nicht in letzter Zeit verzerrt hat; muss sehen, dass die von ihm verzerrt gezeichneten Bilder viel verzerrter sind, als die Objecte, die er nachahmen will; muss erkennen, dass die Bilder aus seiner früheren Periode, die er nicht verzerrt zeichnete, in denen er also nicht statt Punkten z. B. verticale Striche pinselte, ihm nunmehr verzerrt erscheinen; muss ergründen, dass indem er fortfährt, in Punkten zu malen, die Bilder die den Objecten entsprechende Verzerrung aufweisen und in ihrem Aussehen mit den früheren Bildern übereinstimmen.

Welchen Nutzen kann die Accommodation dem Astigmatiker bringen? Offenbar zunächst den, dass, wenn es die Axenlänge und die Accommodationsbreite gestattet, jene Theile der Brennstrecke, deren Form für das Erkennen bestimmter Objecte am geeignetsten ist, auf die Netzhaut gebracht werden. Die Accommodation kann aber auch noch einen anderen Dienst leisten, nämlich den, den Astigmatismus selbst zu verringern oder aufzuheben, falls dadurch dem Sehzwecke gedient wird. Denn nicht immer ist das Letztere der Fall. Wenn Jemand $Am\ ^1/_{30}$ hat, und er könnte durch ungleichmässige Contraction des Ciliarmuskels auch im emmetropischen Meridian $M^1/_{30}$ hervorbringen, so wäre damit zwar der Astigmatismus beseitigt, aber indem $Am\ ^1/_{30}$ in $M^1/_{30}$ umgewandelt wäre, würde jetzt in die Ferne auffallend schlechter gesehen. Dagegen würde derselbe Astigmatiker

von der Correction des Astigmatismus beim Sehen in die Nähe wesentlichen Nutzen ziehen. Dobrowolsky hat in der That beobachtet, dass die ungleichmässige Accommodation eine grosse Rolle in astigmatischen Augen spielt, und es ist zum Staunen, wie dieser Forscher vom Glücke begünstigt war, alle theoretisch denkbaren Fälle der Wirkungsweise des Accommodationsmuskels auch in praxi zu beobachten. Dobrowolsky beobachtete, dass Astigmatismus durch ungleichmässige, krampfhafte Contraction des Ciliarmuskels in einzelnen Fällen vollständig, in anderen theilweise corrigirt wird; dass andererseits Accommodationsanstrengung und Krampf den Astigmatismus zu vergrössern, ja in Augen, welche nicht an Astigmatismus oder doch nur an Astigmatismus so geringen Grades leiden, dass eine Correction unzulässig ist, einen bedeutenden Grad von *As* zu erzeugen im Stande sei. Als eine Specialbeobachtung wird noch angeführt, dass in Folge von Accommodationskrampf bei zusammengesetztem hypermetropischem Astigmatismus der schwächer brechende Meridian emmetropisch, der stärker brechende myopisch gemacht wird, wobei der Krampf des Muskels ein gleichmässiger ist, so dass der Werth des Astigmatismus ungeändert bleibt, oder ein ungleichmässiger, wobei *As* ab- oder zunehmen kann. Der latente Astigmatismus ist nach Dobrowolsky erst nach Atropineinträufung zu diagnosticiren, doch wird bemerkt, dass in einigen dieser Fälle bei der Spiegeluntersuchung die dem regulären Astigmatismus eigenthümlichen Erscheinungen, auf die wir gleich zu sprechen kommen werden, hervortreten. Es wird ferner darauf hingewiesen, das der latente Astigmatismus bisweilen mit bedeutender Amblyopie einhergeht, und dass diese Amblyopie (ausser in einer durch den Krampf erzeugten Hyperämie der Netzhaut und des Sehnerven) in der starken und ungleichmässigen Wölbung der Linse und dem dadurch vermehrten irregulären Astigmatismus ihren Grund hat; dass der Krampf gegen Atropin eine besondere Hartnäckigkeit zeigt; dass alle solche Kranken an Asthenopie leiden, und dass in diese Kategorie die unheilbaren Fälle von Asthenopie gehören.

So weitgehende Erfahrungen, wie Dobrowolsky, habe ich nun allerdings nicht gemacht, aber Manches kann ich bestätigen. Es ist unzweifelhaft richtig, dass der Astigmatismus durch Accommodation verringert werden kann; dass in Fällen, in welchen bei hochgradiger Amblyopie kein Cylinderglas eine Besserung schafft, während der Astigmatismus objectiv nachzuweisen ist, nach Atropininstillationen durch das nun anwendbare Cylinderglas die Sehschärfe sich bedeutend hebt; dass Astigmatiker häufig an Asthenopie leiden. In Betreff dieser Letzte-

ren dürfen wir aber nicht allein Dobrowolsky's Gründe gelten lassen. Wenn durch *As* die Sehschärfe so herabgesetzt ist, dass die Nahearbeit (Lesen und Schreiben) nur im Abstande von 7 oder 6" ausgeführt werden kann, so ist die starke Convergenz- und bei nicht myopischem Astigmatismus auch die starke Accommodationsanstrengung Grund genug für die asthenopischen Beschwerden, und in der That hat die Asthenopie der Astigmatiker in der Mehrzahl der Fälle hierin ihren Grund. Doch möchte ich nicht läugnen, dass bisweilen (da wo die Arbeitsweite noch beträchtlich ist) wirklich die ungleichmässige Contraction des Ciliarmuskels die Ursache der asthenopischen Beschwerden wird.

Der ungleichmässige Ciliarmuskelkrampf bei Astigmatismus hat ganz dieselbe Eigenthümlichkeit, wie der Accommodationskrampf bei Ametropie. Er tritt nur beim Sehacte auf, verschwindet aber bei der Augenspiegeluntersuchung. Wir können bei der letzteren Astigmatismus nachweisen, während die subjective Untersuchung keinen nennenswerthen Grad erkennen lässt, oder es lässt sich zwar subjectiv Astigmatismus constatiren, aber in geringerem Grade als mit dem Augenspiegel. Die fehlerhafte Ansicht, dass man mit dem Spiegel relativ geringe Grade von Astigmatismus erkennen könne, beruht darauf, dass man in diesen Fällen bei der Gläserprüfung **geringen** Astigmatismus findet und die ophthalmoscopischen Erscheinungen durch diesen **geringen** Grad von Astigmatismus hervorgerufen wähnt, während der wirkliche Astigmatismus **grösser** ist.

Welches sind die ophthalmoscopischen Erscheinungen bei Astigmatismus? Sie treten sowohl im aufrechten Bilde allein, als im umgekehrten Bilde allein, als auch endlich durch vergleichende Untersuchung im aufrechten und umgekehrten Bilde hervor. Der dioptrische Apparat des astigmatischen Auges wirkt in der Richtung des stärkstbrechenden Meridians als stärkere Loupe als in der senkrecht darauf stehenden Richtung, daher erscheint bei der Prüfung im aufrechten Bilde die Papille in der Richtung des stärkstbrechenden Meridians ausgezogen (Knapp). Dabei kann der Untersucher die Grenzen der Papille nicht gleichzeitig deutlich sehen; erscheinen z. B. die seitlichen Ränder der Papille scharf, dann ist die obere und untere Grenze verwischt. Ausserdem erscheinen die Netzhautgefässe nach der Richtung des stärkstbrechenden Meridians zusammengedrängt. So sehen wir also bei stärkstbrechendem verticalem Meridian die Papille in die Länge gezogen, bei deutlichen seitlichen Grenzen die obere und untere ver-

schwommen, die Netzhautgefässe in zwei nach oben und unten ziehende Bündel zusammengerückt; bei stärkstbrechendem horizontalem Meridian die Papille queroval, mit theilweise undeutlichem Rande und mit nach rechts und links gerichteter Gefässanordnung. Diese Erscheinungen sind charakteristisch genug, um eine Verwechslung mit einfach anatomisch längs- oder querovaler Papille, bei welcher die Grenzen scharf und die Gefässrichtung nicht verändert ist, auszuschliessen. Da mit der Entfernung des untersuchenden Auges vom untersuchten die Papille sich immer mehr in der Richtung des stärkstbrechenden Meridians auszieht [1]), so gibt dieses Experiment, falls die Pupillenweite es auszuführen gestattet, einen unzweideutigen Beweis für das Vorhandensein von Astigmatismus, wenn bei möglichster Annäherung an das untersuchte Auges Zweifel bleiben. Ist doch der Umstand, dass eine bestimmte Distanz zwischen dem Auge des Untersuchers und des Untersuchten besteht, der Grund, dass überhaupt bei den im Auge vorkommenden Graden des angeborenen regulären Astigmatismus die Erscheinungen der Verziehung der Papille zu Stande kommen, wie dies durch einen Blick auf die Fig. 56, pag. 327, klar wird [2]). Doch bin ich seitdem zur Ueberzeugung gelangt, dass nicht diesem Umstande allein die oft mögliche Diagnose geringer Grade von Astigmatismus zu verdanken ist, sondern dass diese auch darin ihren Grund hat, dass die bei der subjectiven Untersuchung geringen Grade thatsächlich höhere sind. Wenn Coccius anführt, dass der „durch Astigmatismus bedingte ovale Sehnerv, wo er vorhanden war, in gleicher Form nach der Atropinparese blieb," so spricht dies durchaus nicht gegen Dobrowolsky's Beobachtungen über die Einwirkung der Accommodation auf den Astigmatismus, denn der Accommodationskrampf ist durch die Augenspiegelprüfung nicht zu constatiren.

Wie durch das aufrechte Bild allein, so ist auch durch das umgekehrte Bild allein die Existenz von Astigmatismus nachweisbar. Setzt man dicht vor das Auge eine Convexlinse zur Erzeugung des umgekehrten Bildes, so wirkt in der Richtung des stärkstbrechenden Meridians eine stärkere Linsencombination als in der Richtung des schwächstbrechenden. Das von einer Convexlinse erzeugte umgekehrte Bild ist aber caeteris paribus um so kleiner, je kürzer die Brennweite des dioptrischen Systems. Ein runder Sehnerv erscheint daher unter solchen Umständen als Oval und ist der verticale Meridian der stärkstbrechenden, als Queroval. Allein das gilt nur in so lange, als der Abstand

[1]) S. pag. 322—327.

[2]) S. das Nähere pag. 314 u. f., sowie Ophthalmoscopie, pag. 199—206.

des Centrums der vorgesetzten Convexlinse vom ersten Hauptpunkte des Auges geringer als die Brennweite der Convexlinse ist. Indem die Linse allmälig vom Auge entfernt wird, geht das Queroval (wenn besagter Abstand der Brennweite der Linse gleich wird) in einen Kreis und endlich (wenn er grösser als die Brennweite wird) in ein Längsoval über. Besteht kein Astigmatismus, so behält das umgekehrte Bild des runden Sehnerven, wenn die Axe der Convexlinse mit der optischen Axe des Auges zusammenfällt, immer die Kreisform, in welchem Abstande vom Auge auch die Linse gehalten wird. Diese bei der Untersuchung der umgekehrten Bilder allein durch Wechseln des Abstandes der Convexlinse bei Astigmatismus auftretende Gestaltveränderung des Sehnerven wurde zuerst von Javal (1866) bemerkt, von Giraud-Teulon (1869) mathematisch begründet, und dann noch von Hay (1871) und von Cooper (1872) bekannt gemacht. Auch auf die Verschiebung, welche die einzelnen Theile des umgekehrten Bildes bei kleinen seitlichen Bewegungen der Convexlinse erfahren, wird die Diagnose des Astigmatismus von Weil (1875) basirt.

Die vergleichende Untersuchung im aufrechten und verkehrten Bilde wurde von Schweigger empfohlen. Nach dem Gesagten ist klar, dass, wenn der Sehnerv bei Astigmatismus im aufrechten Bilde längsoval erscheint, er im umgekehrten Bilde bei nahe vor das Auge gehaltener Convexlinse als Queroval sich präsentirt und daher anatomisch weder das eine noch das andere sein kann, sondern ein Refractionsfehler vorliegen muss.

Weiters ist klar, dass, wenn hypermetropischer Astigmatismus besteht, der emmetropische Beobachter durch verschiedene Accommodation bald die im horizontalen, bald die im verticalen Meridian verlaufenden Gefässe deutlich sehen wird, sowie dass, wenn in Einem Hauptmeridian Myopie besteht, von demselben ein umgekehrtes reelles Bild vor dem Auge entworfen wird, während das von dem zweiten (emmetropischen oder hypermetropischen) Hauptmeridian erzeugte Bild ein aufrechtes, virtuelles hinter dem Auge gelegenes ist (Cooper). Man wird dabei nicht vergessen, dass durch die Art und Weise, in welcher die horizontalen Netzhautgefässe deutlich gesehen werden, die Refraction des verticalen Meridians angegeben wird, und dass umgekehrt das deutliche Erkennen der verticalen Gefässe von der Brechkraft des horizontalen Meridians abhängt [1]).

Endlich kann man noch den asymmetrischen dioptrischen Apparat des Auges zu allerhand Beobachtungen benützen, so weist z. B. Coccius

[1]) S. pag. 721, 722.

den Astigmatismus dadurch nach, dass dicht vor die Lampenflamme, deren Licht der Spiegel in's Auge wirft, ein schmaler Bleistift gehalten und so dessen Bild mit in's Auge geworfen wird. „Erscheint der Stift als schmaler schwarzer Strich in beiden Stellungen, der horizontalen und verticalen, gleich stark, so ist das optische System des Kranken bezüglich der Strahlenvereinigung als homocentrisch anzusehen. Findet aber eine Abweichung der Stärke und Schwärze des dunkeln Streifens auf dem Lichtbildchen der Flamme im Augengrunde statt, so wollen wir die ungleiche Strahlenvereinigung in Bezug auf die Meridiane heterocentrisch nennen," d. h. es ist das Vorhandensein von Astigmatismus erwiesen.

Die gewöhnliche Untersuchung im aufrechten Bilde, sowie die Untersuchung im umgekehrten Bilde mit wechselnder Distanz der Convexlinse, endlich, da man doch ohnehin den Augengrund im Allgemeinen im aufrechten und umgekehrten Bild untersucht oder doch untersuchen soll, die Anwendung beider Methoden lassen den geringsten Grad von Astigmatismus, der überhaupt objectiv nachweisbar ist, erkennen.

Wir gehen über zur Art der genaueren Bestimmung und der Correction des Astigmatismus. Es handelt sich darum, Methoden anzugeben, welche genau und dabei so einfach sind, dass jeder praktische Arzt ohne Anschaffung besonderer Apparate und ohne Construction besonderer Vorrichtungen sie anwenden kann. Ich bin nach allerhand Versuchen dazu gekommen, einzusehen, dass man am sichersten und einfachsten die subjective Bestimmung des Astigmatismus vornimmt mit Hilfe der gewöhnlichen Schriftproben und einer Serie convexer und concaver Cylindergläser. Die objective (Augenspiegel-) Untersuchung hat zwar einen grossen Werth zur Nachweisung von Astigmatismus überhaupt, aber genauere Bestimmungen des Grades des Astigmatismus, welche Anspruch auf allgemeine praktische Verwerthung erheben könnten, lassen sich, wie wir hier gleich erwähnen wollen, mit derselben nicht durchführen.

Man vermuthet Astigmatismus, wenn über Herabsetzung der Sehschärfe von Jugend auf geklagt wird, oder wenn bei der Klage über asthenopische Erscheinungen die Sehschärfe sich wesentlich herabgesetzt zeigt. Bei der Augenspiegeluntersuchung wird ein irgendwie erheblicher Grad von Astigmatismus dem Beobachter nicht entgehen, aber man bedenke, dass selbst bei geringem, mit dem Spiegel nicht diagnosticirbarem Astigmatismus sehr wesentliche Störungen da sein können. Den interessantesten Fall dieser Art sah ich bei einem früheren Aus-

brucker Collegen. Derselbe klagte über wesentliche asthenopische Beschwerden und monoculäres Doppelsehen. Mit dem bestgewählten sphärischen Glase — $^1/_{14}$ war S nur $^{20}/_{40}$, die Arbeitsweite (in welcher eben monoculäres Doppelsehen störte und asthenopische Beschwerden sich entwickelten) betrug circa 7". Mit dem Augenspiegel waren Erscheinungen des regulären und irregulären Astigmatismus mit Sicherheit nicht nachzuweisen. Hielt man vor — $^1/_{14}$ sphärisch — $^1/_{40}$ c (Axe des Cylinders horizontal), dann hob sich S auf $^{20}/_{20}$. Durch — $^1/_{40}$ c rückte die Arbeitsweite auf 14". Die asthenopischen Beschwerden und das monoculäre Doppelsehen waren verschwunden. Die geringe Sehschärfe nöthigte zu starker Accommodation und Convergenz, führte so zur Asthenopie, und durch die bei starker Accommodation einhergehende Gestaltveränderung der Linse wurde der irreguläre Astigmatismus so vermehrt, dass monoculäres Doppelsehen auftrat. Man sieht, welche wirklich erstaunliche, auf keine andere Weise erreichbare Wirkung ein Cylinderglas $^1/_{40}$ unter Umständen hervorzubringen vermag.

Bei Herabsetzung der Sehschärfe mit oder ohne asthenopische Beschwerden also wird man auf Astigmatismus untersuchen; wer mit dem Ophthalmoscop vertraut ist, wird wissen, dass bei mangelnden objectiven Erscheinungen es sich nur um einen geringen Grad des Refractionsfehlers handeln kann. Man geht in folgender Weise vor. Man stellt den zu Untersuchenden auf die Entfernung von 20' und prüft zunächst, ob durch ein sphärisches Glas die Sehschärfe sich bessert. Diese Vorprüfung ist unumgänglich nothwendig. Besteht z. B. M $^1/_{30}$ ohne störenden Astigmatismus, so ergibt sich für das unbewaffnete Auge je nach der Pupillenweite eine bestimmte Sehschärfe. Ich habe z. B. für einen Versuch am eigenen Auge bei M $^1/_{30}$ $^{20}/_{70}$ angegeben. Hält man nun vor das Auge zuerst ein negatives Cylinderglas, dann bessert sich die Sehschärfe durch — $^1/_{50}$, — $^1/_{40}$, — $^1/_{30}$ c und steigt bei Anwendung des letzten Glases etwa bis $^{20}/_{30}$. Es ist durch Correction der Myopie in Einem Meridiane, durch Umwandlung von M $^1/_{30}$ in Am $^1/_{30}$ das Sehvermögen wesentlich verbessert worden, man könnte daraus fälschlich schliessen, es bestehe Am $^1/_{30}$. Vor diesem Fehler wird man dadurch bewahrt, dass man zuerst sphärische Gläser, im speciellen Falle Concavgläser versucht und findet, dass durch — $^1/_{30}$ S z. B. auf $^{20}/_{20}$ sich hebt. Dreht man jetzt vor dem Concavglase ein Cylinderglas herum, so wird schon sowohl + $^1/_{50}$ c als — $^1/_{50}$ c entschieden verworfen. Am $^1/_{30}$ ist besser als M $^1/_{30}$, aber E natürlich besser als Am $^1/_{50}$ oder Ah $^1/_{50}$. Lasse ich von meiner Myopie M $^1/_{30}$ uncorrigirt und halte — $^1/_{30}$ c vor's Auge, dann steigt S von $^{20}/_{70}$ auf $^{20}/_{30}$; setze ich

aber statt $-\,{}^1/_{30}\,c$ ein Glas $-\,{}^1/_{30}\,s$ vor, dann steigt S weit über ${}^{20}/_{30}$ und $\pm\,{}^1/_{50}\,c$ verschlechtert die Sehschärfe. Es ist zur Bestimmung des Astigmatismus unumgänglich nothwendig, zunächst dasjenige sphärische Glas auszusuchen, mit welchem die grösste Fern-Sehschärfe erreicht wird, denn wenn man das nicht thut, wenn man kein oder nicht das bestcorrigirende sphärische Glas vor's Auge setzt, dann wird man, falls Ametropie vorhanden ist, bei der Prüfung mit Cylindergläsern fälschlich Astigmatismus diagnosticiren, wo keiner ist, oder den Grad desselben überschätzen. Wenn das Auge astigmatisch ist, dann wird es sich je nach der Art desselben gegen sphärische Gläser verschieden verhalten. Bei einfachem Astigmatismus, sowohl dem myopischen als dem hypermetropischen, wird durch kein sphärisches Glas das Sehen Snellen'scher quadratischer Buchstaben wesentlich verbessert. Denn bei *Am* und *Ah* steht eine Brennlinie auf der Netzhaut. Wenn sphärische Gläser einen anderen Theil der Brennstrecke auf die Netzhaut bringen, wird das Sehen verschlechtert und nur wenn die andere Brennlinie auf die Netzhaut kommt, bleibt S gleich oder wird bei dem vorliegenden Probeobjecte nur unbedeutend verbessert. Bei zusammengesetztem Astigmatismus wird durch jenes sphärische Glas die Sehschärfe zumeist gehoben, welches eine Brennlinie auf die Netzhaut bringt; man nimmt übrigens das schwächste Concav- und auch das schwächste Convexglas, welches die Sehschärfe zumeist hebt. Hat man sich überzeugt, dass durch ein sphärisches Glas keine deutliche Verbesserung eintritt, dann dreht man vor dem Auge ein Cylinderglas und zwar $+\,{}^1/_{50}$ oder $-\,{}^1/_{50}$ herum.

Bei einfachem Astigmatismus und nicht ganz mangelhafter Function der Netzhaut werden bei den vorkommenden Graden des angeborenen Fehlers auf 20′ noch einzelne Buchstaben Snellen's erkannt. Man weiss daraus, dass, wenn es sich um Ametropie handelt, nur schwache Concav- oder Convexgläser zur Verwendung kommen können und überzeugt sich daher bei Astigmatismus sehr bald, dass schwache sphärische Gläser nichts nützen und stärkere (mit Ausnahme einzelner seltener Fälle) das Sehvermögen verschlechtern. Dreht man $+\,{}^1/_{50}\,c$ vor dem Auge, so wird, wenn $Am\,{}^1/_{50}$ besteht, in dem Momente, in welchem die Cylinderaxe mit dem myopischen Meridian zusammenfällt, allerdings *As* corrigirt, doch aus $Am\,{}^1/_{50}$ $M\,{}^1/_{50}$ gemacht, daher schlechter gesehen; durch $-\,{}^1/_{50}\,c$, Axe im emmetropischen Meridian, wird nicht blos *As* corrigirt, sondern E gesetzt, also jetzt besser gesehen. Verschlechtert ein convexes, verbessert aber ein concaves Cylinderglas, dann be-

steht Am. Man nimmt nun einfach stärkere Concavcylindergläser und das schwächste Concavcylinderglas, mit welchem die grösste Sehschärfe erzielt wird, gibt uns den Grad des Am an. Besteht Ah, dann wird, wenn die vordere Brennlinie auf der Netzhaut steht, $+ {}^1/_{50} c$ verbessern, aber auch $- {}^1/_{50} c$ kann da bessern, wenn nach Aufhebung des As accommodirt wird. Man beginne daher immer mit Convexcylindergläsern und bleibe bei diesen, wenn S durch dieselben gehoben wird; greife zu Concavcylindern, wenn convexe verschlechtern. Das stärkste Convexcylinderglas, durch welches die grösste S erreicht wird, gibt den Grad von Ah an. Wie bei Ametropie wird jedes Auge für sich geprüft, man hält das Cylinderglas zwischen diametral gegenüberstehenden Daumen und Zeigefinger und stützt die übrigen Finger, während man dem Glase verschiedene Stellungen gibt, an der Stirne, dem Gesichte des Untersuchten. Für praktische Zwecke, um die richtige Brille zu verordnen, ist es wie wir hören werden gar nicht nothwendig, die genaue Richtung der Axe des Glases und die Richtung der Hauptmeridiane des Auges zu kennen.

Bei zusammengesetztem Astigmatismus ergeben sich folgende Verhältnisse. Besteht $M + Am$, dann bringt das schwächste Concavglas, bei welchem ein Maximum der Sehschärfe eintritt, die hintere Brennlinie in die Netzhaut, das vor das Concavglas gebrachte Concavcylinderglas vermindert die Brechkraft des stärkstbrechenden Meridians zu der des schwächstbrechenden. Bei $H + Ah$ bringt das ein Maximum von S erzeugende schwächste Convexglas die vordere Brennlinie auf die Netzhaut, der entsprechende Convexcylinder steigert die Refraction des schwächstbrechenden Meridians zu jener des stärkstbrechenden. Man bestimmt also zunächst in gewöhnlicher Weise das schwächste Concav- oder Convexglas, mit welchem die relativ grösste Sehschärfe erreicht wird, fügt das sphärische Glas in ein Brillengestell und dreht vor dem Concavglas ein concav-, vor dem Convexglas ein convexcylindrisches Glas herum, dann wird sich ergeben, ob zusammengesetzter Astigmatismus besteht. Das schwächste Concav- oder stärkste Convexcylinderglas, durch welches die Sehschärfe zumeist gehoben wird, ist der Ausdruck für den Astigmatismus.

Gemischter Astigmatismus wird bei der Gläserprüfung nur dann hervortreten können, wenn das Auge nicht so stark accommodiren kann, um die hintere Brennlinie in die Netzhaut zu bringen. Solange dies der Fall ist, wird der gemischte Astigmatismus sich immer nur als einfacher myopischer Astigmatismus präsentiren. Liegt die Netzhaut *zwischen* den beiden Brennlinien, dann wird durch sphärische Gläser

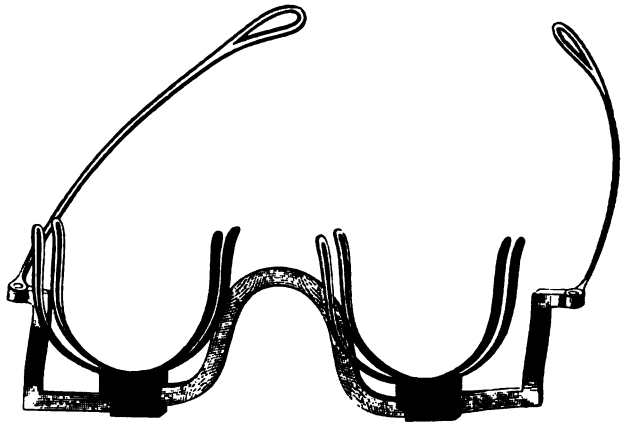
besser gesehen, sowohl durch entsprechende Concav- als durch entsprechende Convexgläser, durch jene nämlich, welche die vordere, resp. die hintere Brennlinie auf die Netzhaut bringen. Durch die Constatirung dieser Thatsache, dass sowohl durch ein Concav- als durch ein Convexglas besser gesehen wird, ist das Vorhandensein von gemischtem Astigmatismus schon erwiesen. Um seinen Grad zu bestimmen, kann man jenes sphärische Convexglas bestimmen, durch welches am besten gesehen wird — jetzt liegt die hintere Brennlinie in der Netzhaut — und nun Concavcylindergläser vorsetzen, doch muss man begreiflicher Weise gleich mit Cylindergläsern beginnen, deren Zerstreuungsweite kürzer ist, als die Brennweite des Convexglases, und so lange zu stärkeren Gläsern greifen, als die Sehschärfe steigt. Doch auch, wenn man nicht nachgewiesen hat, dass positive und negative Sphären *S* heben, kann Einem der gemischte *As* nicht entgehen. Man bemerkt, dass durch das Vorsetzen eines Convexcylinders, mit dem man ja die Prüfung in solchem Falle beginnt, *S* steigt. Hat man das bestcorrigirende positive Cylinderglas gefunden, so versucht man immer, ob nicht durch ein negatives Cylinderglas mit gekreuzter Axe eine weitere Hebung der Sehschärfe zu erzielen ist. So wird es stets gelingen, den einfachen Astigmatismus vom gemischten zu unterscheiden und den letzteren dem Grade nach zu bestimmen.

Sowohl wenn kein als auch wenn ein sphärisches Glas die Sehschärfe besserte, mache man nach Auffindung des besten Cylinderglases noch immer einen Controlversuch. Man setze das Cylinderglas in ein Brillengestell, gebe ihm durch einfache Drehung mit der Hand die richtige Stellung und versuche nun, ob ein vorgesetztes sphärisches Glas *S* noch verbessert, bezüglich ob das zuerst gewählte sphärische Glas jetzt nicht durch ein besseres ersetzt werden kann.

Ein bequemes Brillengestell ist für diese Versuche das Jäger'sche, das jedoch jederseits nicht einen, sondern zwei Halbringe (Fig. 88) trägt, von denen der vordere, um eine Queraxe drehbar, auf- und abgeklappt werden kann. Indem man den vorderen Halbring abwechselnd auf- und hinunterklappt, überzeugt man sich rasch, wie durch das dem Cylinder- (oder sphärischen) Glase vorgesetzte sphärische (oder Cylinder-) Glas die Sehschärfe noch weiter verbessert wird. Das Einfügen der Gläser in das Brillengestell für beide Augen ist auch desshalb nothwendig, um zu sehen, wie durch das Zusammenwirken beider Augen die Sehschärfe zunimmt.

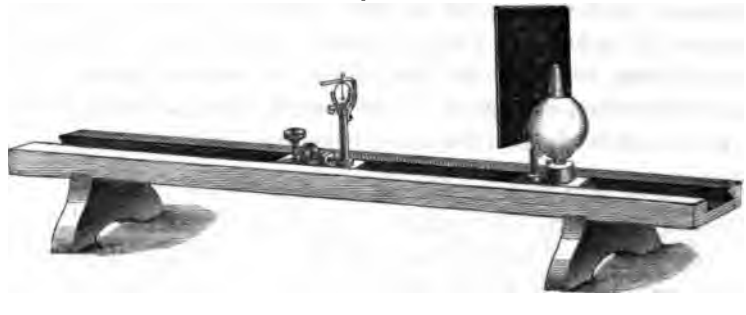
Für genauere wissenschaftliche Bestimmungen ist es geboten: 1. die Richtung der Axe des Cylinderglases und dessen Brennweite zu kennen, 2. die Richtung der Hauptmeridiane des Auges ziffermässig anzugeben. Zu ersterem Zwecke dient jene

Fig. 88.



optische Bank, von welcher schon früher (pag. 499) die Rede war und die auch zur Bestimmnng der Brennweite der sphärischen Gläser nach jenem Principe, nach welchem Helmholtz die Brennweite menschlicher und Donders jene von Glaslinsen mass [1]), verwendet wird. Man sieht (Fig. 89) zur Rechten eine kleine Petroleumlampe, unmittelbar vor ihr

Fig. 89.



einen höher und tiefer stellbaren schwarzen Metallschirm, in welchem drei feine in einer Horizontallinie stehende Löcher (es finden sich übrigens zwei Reihen solcher Löcher übereinander, so dass man nach Belieben bald die einen mit kleinerem, bald die anderen mit grösserem

[1]) S. pag. 99.

Durchmesser verwenden kann, während die nichtgebrauchten durch einen kleinen Metallschuber gedeckt werden) in der bekannten Art angebracht sind, so dass das Eine Loch 4 M^{m}. von der Mitte zwischen den beiden anderen absteht (also 1 *m* in Fig. 36, pag. 99, 4 M^{m}. beträgt). Sowie der Schirm mitsammt der Lampe auf der Bank verschoben werden kann, ebenso ist die Vorrichtung, welche an ihrem oberen Ende zwei (durch eine Schraube von einander zu entfernende und einander zu nähernde) Halbringe für die Aufnahme von Gläsern trägt, für die gröbere Einstellung aus freier Hand, für die feinere mit einer Stellschraube verschiebbar. Vor (zur Linken) der optischen Bank steht das Ophthalmometer. Die Axe des Ophthalmometers hat durch den Mittelpunkt der Halbringe zu gehen, auf der schwarzen Platte senkrecht zu stehen und die Distanz 1 *m* zu halbiren. Die Brennweite und Axe der convexen Cylindergläser wird so bestimmt. Die Gläser in dem Brillenkasten sind plancylindrisch. Bei den Gläsern mit kürzerer Brennweite erkennt man ungefähr die Richtung der Axe schon beim Ansehen, indem das Glas in der Richtung der Axe einen dicken Rand hat, während sich derselbe nach der Richtung des stärkstbrechenden Meridians zuschärft. Reicht das Gesicht nicht aus, so hilft der Tastsinn nach. Indem man die Glasflächen zwischen zwei Fingern durchgleiten lässt, merkt man, nach welcher Richtung die Dicke des Glases gegen den Rand hin dieselbe bleibt, sowie nach welcher Richtung sie gegen den Rand hin abnimmt. Und endlich, würde man auch die Richtung der Axe gar nicht kennen, dann würde man sie bei der Messung bald erfahren. Ehe das Glas in den Halbring eingefügt wird, macht man mit dem Ophthalmometer die richtige Einstellung der 3 Lichtpunkte, so dass also 1 in der Mitte zwischen 2 und 3 steht. Hierauf kommt das Glas in den dem Schirme zunächst stehenden Halbring. Seine auf der Ophthalmometeraxe senkrechte Ebene geht durch die Marke, welche am Fussgestelle der Vorrichtung angebracht ist. Kennt man ungefähr die Richtung der Axe des Glases, so stellt man dieselbe beiläufig vertical. Durch das Cylinderglas werden die von den leuchtenden Punkten kommenden Strahlen in ihrem Gange geändert. Bei verticaler Stellung der Axe werden die in horizontaler Richtung ausfahrenden Strahlen in einer bestimmten von der Brennweite des Glases und dem Abstande des Glases vom Schirme abhängigen Entfernung zwischen Glas und Ophthalmometer vereinigt und an dieser Stelle erscheint das Lichtbild als verticale Linie. Man schiebt also das Ocular des Ophthalmometers so lange aus, bis im Sehfelde statt der 6 leuchtenden Punkte, die man früher sah, 6 leuchtende verticale Linien auftreten. Ist die Axe des Cylinders nicht genau

vertical, dann weichen auch die genannten Linien von der Verticalen ab, und diese Abweichung ist um so leichter zu beurtheilen, als die Fusspunkte der Linien dann nicht genau in einer horizontalen stehen. Der Assistent dreht mit freier Hand (eine complicirtere Vorrichtung ist unnöthig) das Glas im Halbring so lange, bis der Beobachter die vollkommen verticale Stellung der Linien constatirt. Jetzt steht die Axe genau vertical. Die Brennweite des Glases wird so bestimmt, dass die das Glas tragende Vorrichtung mit freier Hand und schliesslich mit der Stellschraube entweder dem Schirme genähert oder von ihm entfernt wird, bis die Lichtlinie 1 genau in der Mitte zwischen den Lichtlinien 2 und 3 steht. Jetzt sind, indem man den Schraubenapparat des Ophthalmometers seit der ersten Einstellung nicht mehr berührt hat, Object und Bild gleich gross. Der Abstand des Glases von dem Schirme, der in ganzen und (mit Hilfe eines Nonius) in zehntel Millimetern abgelesen wird, representirt die doppelte Brennweite des auf die Axe senkrechten Meridians der Cylinderlinse. Zum Schlusse wird die Axe des Glases so markirt. Ein um eine verticale Axe drehbarer kleiner Querbalken, an welchem ein an einem Faden befestigtes kleines Gewichtchen von passender Form hängt, wird, wie in Fig. 89 ersichtlich, über den oberen Rand des Glases gestellt. Im Querbalken findet sich eine Längsspalte, so dass das kleine Senkblei so gestellt werden kann, dass es genau dem Durchmesser des Glases parallel an der hinteren planen Fläche desselben herabfällt. Man nimmt einen Diamantstift und ritzt die vordere cylindrische Fläche des Glases, der Richtung des Fadens genau entsprechend, vom oberen Rande her ein. Der Strich im Glase gibt genau die Richtung der Axe an.

Brennweite und Axe sehr schwacher Cylindergläser werden so bestimmt, dass man das zu messende Glas mit einem schon gemessenen von kurzer Brennweite combinirt. Man nimmt als letzteres $^1/_8$ c oder ein stärkeres Glas. Man bringt dasselbe in den hinteren, dem Schirm zugekehrten Halbring, die Cylinderfläche gegen den Schirm gekehrt und stellt die Axe vollkommen vertical (so dass die 6 Linien vollkommen vertical stehen). Dann fügt man das zu messende Glas mit der Cylinderfläche gegen das Ophthalmometer in den vorderen Halbring und nähert mit Hilfe der Schraube die planen Flächen der beiden Gläser so viel wie möglich. Steht die Axe des zweiten Cylinderglases auch vollkommen vertical, dann bleiben die Linien vertical, zeigen aber eine Neigung bei der geringsten Abweichung der Axe von der verticalen, indem die Axe des durch beide Gläser dargestellten Cylinderglases dann eben nicht mehr vertical steht. Man dreht das

vordere Glas solange, bis die verticale Richtung der Linien wieder hergestellt ist. Man ritzt dann am vorderen Glase mit dem Diamantstift eine Linie parallel der am hinteren Glase befindlichen zur Markirung der Axe ein. Man bestimmt ferner die doppelte Brennweite der Gläsercombination in der besprochenen Weise und findet so, da die Brennweite des einen Glases bekannt ist, jene des zu messenden.

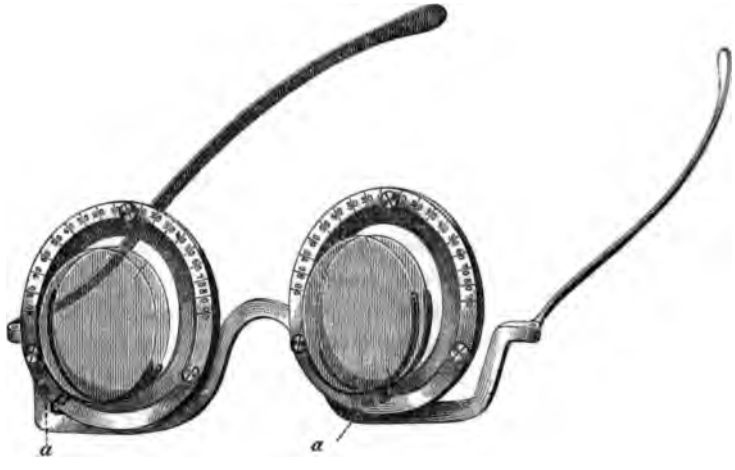
Axe und Brennweite negativer Cylindergläser wird in ähnlicher Weise wie bei schwachen positiven Gläsern festgestellt. Man combinirt das negative Glas mit einem positiven von kürzerer Brennweite. Indem man bei vertical gerichteter Axe des positiven Glases dem vorgesetzten Concavglase eine solche Stellung gibt, dass die Lichtlinien vertical stehen, ist die Axe des letzteren Glases gegeben und dessen Brennweite erhält man, wenn man die doppelte Brennweite der Combination misst, und die bekannte Brennweite des Convexglases in Betracht zieht.

Würde man bei der Prüfung eines Convexcylinderglases gar nicht wissen, wo ungefähr die Axe liegt und das Glas nur solange drehen, bis bei einer bestimmten Einstellung des Fernrohres verticale Linien im Gesichtsfelde stehen, dann könnte die Axe dabei statt vertical genau horizontal liegen, denn auch im letzteren Falle wird das Bild jedes leuchtenden Punktes an einer bestimmten Stelle der Brennstrecke eine verticale Linie sein. Aber dem horizontalen, aus 3 in einer horizontalen Linie gelegenen Punkten bestehenden, Objecte gegenüber ist das Glas, dessen Axe horizontal liegt, unwirksam. Man sieht daher die 6 verticalen Linien in der richtigen Einstellung, 1 in der Mitte zwischen 2 und 3; aber man kann die Linse dem Schirme nähern oder dieselbe von ihm entfernen, wie man will, es bleibt immer die richtige Einstellung erhalten. Unter solchen Verhältnissen weiss man, dass die Axe des Cylinders genau horizontal liegt, und dass wenn man bei dieser Stellung des Glases dasselbe dem vertical gespannten Faden parallel einritzt, man hiedurch die Richtung des stärkstbrechenden Meridians der Cylinderlinse andeutet, was zu thun namentlich bei Concavcylindergläsern von Vortheil ist.

Mit Zuziehung solcher controlirter Cylindergläser macht man genauere Bestimmungen über die Richtung der Hauptmeridiane des Auges, indem man sich eines geeigneten Brillengestells (Fig. 90) bedient. Der Doppelhalbring ist an einem geschlossenen Ringe befestigt, welcher eine bei der Anfangsstellung der Halbringe vertical stehende Marke trägt. Diese Vorrichtung ist, indem man sie einfach bei *a*, dem Träger der Halbringe anfasst, in dem äussersten eine Gradeintheilung tragenden Ringe drehbar. Bei verticaler Haltung des Kopfes steht der Null-

theilstrich dieses Ringes vertical und nach rechts und links von demselben geht die Theilung bis zu 90°. Hat man dadurch, dass man mit freier Hand Cylindergläser vor dem nackten oder mit einem sphärischen Glase bewaffneten Auge herumdreht, das passendste Cylinderglas ge-

Fig. 90.



funden, so fügt man dasselbe in den hinteren Halbring des eben beschriebenen Brillengestelles so, dass die Axe oder der brechende Meridian der Marke des inneren Ringes entspricht. Nähert sich die Axe, was man schon bei der ersten Prüfung entnimmt, mehr der Verticalen, dann lässt man diese mit der verticalen Marke, sonst aber den brechenden Meridian mit derselben zusammenfallen. Das zur Correction etwa noch nöthige sphärische Glas wird in den vorderen Halbring gefügt. Man dreht jetzt die Gläser solange, bis die grösste Sehschärfe erreicht ist. Die Marke gibt uns die Richtung der Cylinderaxe (unmittelbar oder mittelbar) und damit bei Anwendung von convexen Cylindern jene des stärkst-, bei Anwendung von Concavcylindern jene des schwächstbrechenden Meridians des Auges an. Ist an den Concavcylindern der stärkstbrechende Meridian markirt, dann zeigt diese Marke gleichfalls die Richtung des stärkstbrechenden Meridians des Auges an. In Fig. 90 ist einem speciellen Falle entsprechend zur Correction jederseits ein Convexcylinder combinirt mit einer Convexsphäre nöthig gewesen. Die grösste Sehschärfe wird erzielt, wenn die Cylinderaxe vor jedem Auge um 30° nach innen von der Verticalen abweicht. In diesem Falle von zusammengesetztem hypermetropischem Astigmatis-

mus liegt also der stärkstbrechende Meridian in jedem Auge um 30° nach innen von der Verticalen.

Man erkennt, dass bei dieser Methode der Messung des Astigmatismus nicht so vorgegangen wird, dass man die Brechkraft der beiden Hauptmeridiane bestimmt, daraus den Astigmatismus und das zur Correction nothwendige Cylinderglas berechnet, sondern dass umgekehrt durch die Bestimmung des corrigirenden Cylinderglases der Astigmatismus unmittelbar angegeben wird, und wir, wenn wir bei zusammengesetztem Astigmatismus die Brechkraft der Hauptmeridiane kennen wollen, dieselbe erst berechnen müssen. Man gelangt also auf diese Art nicht zur Darstellung des Astigmatismus in der von Donders angegebenen Weise, ohne dass aber dadurch an der Donders'schen Eintheilung etwas geändert würde.

Die Methoden, welche zur Bestimmung des Astigmatismus sonst noch angewendet werden, scheiden sich in zwei Gruppen. Entweder man versucht, die Refraction der beiden Hauptmeridiane gesondert zu messen und so den Astigmatismus zu berechnen, oder man bestrebt sich, mit Hilfe von Cylindergläsern den Astigmatismus in irgend einer Weise ohne Rücksicht, ob durch Correction des Astigmatismus Ametropie erzeugt wird oder nicht, zu erforschen.

Young (1801) und Airy (1827), welche beide an zusammengesetztem myopischem Astigmatismus litten, bestimmten denselben dadurch, dass sie die Refraction zweier senkrecht auf einander stehenden Meridiane massen, Young, indem er erkundete, in welchem äussersten Abstande vom Auge ein entsprechend gestellter Draht noch einfach erschien, je nachdem er durch zwei einmal horizontal und dann vertical gestellte Spalten angesehen wurde; Airy, indem er prüfte, in welchen Abständen vom Auge ein kleiner Lichtpunkt sich in der Richtung der beiden Brennlinien auszog. Airy bestimmte also die Richtung der beiden Hauptmeridiane und bekam den richtigen Ausdruck für den Astigmatismus, bei Young's Verfahren war dies jedoch nur dann der Fall, wenn den beiden Hauptmeridianen die verticale und horizontale Richtung zukam. Donders befolgt im Wesentlichen das Airy'sche Princip, nur nimmt er die Untersuchung auf Abstand vor. Er bestimmt zuerst die Richtung der beiden Hauptmeridiane dadurch, dass er nach einer 10—15′ entfernten Lichtöffnung mit einem Durchmesser von 2—4 M^{m}· blicken und durch abwechselnde Erzeugung von leichter Myopie und Hypermetropie mit Hilfe sphärischer Gläser den Lichtpunkt in die Richtung der beiden Hauptmeridiane ausziehen lässt. In die Richtung der beiden Hauptmeridiane bringt er dann eine stenopäische

Spalte von 1—2 M^{m} Breite, in der Richtung der Hauptschnitte steigt die Sehschärfe. Indem man schliesslich die Refraction in den beiden Hauptmeridianen bestimmt, also prüft, durch welches sphärische Glas, vor die in der Richtung bald des einen, bald des anderen Hauptmeridians liegende Spalte gestellt, die grösste Sehschärfe erzielt wird, (wobei man an die allgemeinen für sphärische Gläser geltenden Regeln nicht vergisst), hat man die nöthigen Daten gewonnen. Was die einzelnen Momente dieser Bestimmungsweise anlangt, so ist zunächst zu bemerken, dass Donders nicht angibt, in welcher Art die Richtung der Brennlinie, damit die Richtung der Hauptschnitte objectiv festgestellt wird, doch haben Strawbridge (1871) und auch Purves (1873) nachträglich ein diesbezügliches Verfahren bekannt gemacht, das zum Zwecke hat, die Neigung der Lichtlinien an einem Gradbogen abzulesen. Aber von dieser Schwierigkeit abgesehen, ist zu bemerken, dass Donders selbst sagt, er habe gefunden, „dass man ein noch besseres Resultat erhält, wenn man bestimmt, bei welcher Richtung der Axe des am besten corrigirenden Cylinderglases der Patient am besten sieht.“ Ich denke, damit ist nicht blos die Richtung der Hauptmeridiane, sondern auch der Astigmatismus bestimmt, und daher überhaupt der Zweck der Prüfung erreicht. Ebenso macht Donders selbst darauf aufmerksam, dass nicht unter allen Umständen bei Astigmatismus das Sehen durch die in die Richtung eines Hauptschnittes gebrachte Spalte sich bessert, so wie dass bei hypermetropischem Astigmatismus das Auge nicht denselben Grad von Accommodation aufwendet, wenn es durch den stärkstbrechenden und dann durch den schwächstbrechenden Meridian hindurch sieht. Die Folge dieser in zwei Tempi gemachten Untersuchung ist, dass man ohne Lähmung der Accommodation keinen Anhaltspunkt hat, ob der berechnete Astigmatismus der Wahrheit entspricht oder nicht. Man sollte glauben, dass Donders nach alledem ein anderes Verfahren zur Bestimmung des Astigmatismus hätte einschlagen sollen, doch thut er es nicht und stellt die directe Prüfung mit Cylindergläsern in zweite Linie.

v. Graefe hat seinen monoculären Refractionsmesser auch zur Bestimmung des Astigmatismus empfohlen. Das Optometer wird auf 20′ von Snellen's Tafeln aufgestellt, zunächst geprüft, ob durch eine als sphärisches Glas wirkende Combination des Optometers eine Besserung der Sehschärfe erfolgt; dann wird vor das Ocular in einem entsprechenden Ringe — $^{1}/_{20}$ cylindrisch eingefügt und um die Optometeraxe gedreht; constatirt, dass bei einer bestimmten Stellung des Glases ein Vrebesserungs-Maximum, bei einer 90° davon verschiedenen ein

Verschlechterungs-Maximum für die Sehschärfe eintritt; in die durch Index und Gradbogen gekennzeichnete Richtung der Axe des Cylinderglases, sowie hierauf in die darauf senkrecht stehende ein stenopäischer Schlitz eingesetzt und nun mit Hilfe des Refractionsmessers die Refraction beider Hauptschnitte bestimmt. Nachdem ich mich überzeugt hatte, dass man mit dem Graefe'schen Optometer über die Refraction von Hypermetropen kaum genügende Aufschlüsse erhält [1]) und dass diese Aufschlüsse bei der Messung der Refraction der beiden Hauptmeridiane noch mangelhafter ausfallen, habe ich einen kleinen Apparat construiren lassen, mit welchem ganz in der eben beschriebenen Weise vorgegangen wird, nur dass man statt des Optometers sphärische Gläser verwendet. Ich bin jedoch zur Ueberzeugung gekommen, dass auch auf diese Weise im Allgemeinen keine befriedigenden Resultate zu erzielen sind. Es haftet dieser Methode noch der specielle Nachtheil an, dass, da man immer ein und dasselbe Cylinderglas anwendet, in Anbetracht der verschiedenen Formen und Grade des Astigmatismus durchaus nicht immer eine klare Antwort über die Richtung der Hauptmeridiane ertheilt wird.

Unter jenen Methoden, die es sich zur Aufgabe machen, den Astigmatismus mit einem Schlage und nicht in zwei Momenten zu bestimmen, ist zu nennen das Verfahren von Javal und die Anwendung der Stokes'schen Linse. Javal's Verfahren besteht in Folgendem: Man lässt den zu Prüfenden mit einem Auge durch eine starke Convexlinse, z. B. $^1/_5$, nach einem Kreise blicken, in welchem von 15 zu 15° die Durchmesser gezogen sind. Man entfernt allmälig die Figur, bis alle diese Linien blass werden oder verschwinden — bis auf Eine. Diese Linie gibt uns die Richtung des stärkstbrechenden Meridians an [2]). Man setzt hierauf concave Cylindergläser, von den schwächsten beginnend, so vor das Auge, dass die Cylinderaxe auf die schwarz gebliebene Linie senkrecht steht, und greift so lange zu immer stärkeren Cylindergläsern, bis endlich alle radiären Linien in gleicher Weise schwarz erscheinen. Man hat so das Vorhandensein und den Grad des Astigmatismus nebst der Richtung der Hauptmeridiane bestimmt. Bei allen Individuen mit binoculärem Sehacte wird man, um die Accommodation möglichst auszuschliessen, folgendes Verfahren einschlagen. Man bietet dem zweiten mit der gleichen Convexlinse bewaffneten Auge einen identischen Kreis, der jedoch keine Radien enthält. Der Abstand der beiden Kreismittelpunkte ist gleich dem Abstande der Augen von einander,

[1]) *S. pag. 284.* — [2]) S. pag. 722.

die Kreise stehen anfangs im Brennpunkte der Convexlinsen. Nur bei parallelen Gesichtslinien und aufrechtem Kopfe können die Kreise verschmolzen werden. Jede Convergenz und damit eintretende Accommodationsbewegung würde mit Entstehung zweier Bilder einhergehen. Der übrige Vorgang bleibt gleich. Hat man auf diese Art den Astigmatismus bestimmt, dann fügt man das concave Cylinderglas in entsprechender Stellung in ein Brillengestell, und bestimmt jetzt bei vorhandener Ametropie das sphärische Glas, welches Emmetropie erzeugt. Um die Messung möglichst bequem auszuführen, hat Javal einen eigenen Apparat construiren lassen, in welchem auf 2 Kreuzen 7 Concavcylinder angebracht sind, mit welchen sich, indem sie separat oder zu zweien verwendet werden, 19 Cylindercombinationen von $-\frac{1}{96}c$ bis $-\frac{1}{5}c$ herstellen lassen. Hirschmann hat den Javal'schen Apparat dahin modificirt, dass er an die Stelle der 7 Concavcylinder 8 Convexcylinder setzte, mit welchem Cylinderwerthe von $\frac{1}{120}c$ bis $\frac{1}{5}c$ erreicht werden können. Bei Verwendung von Convexcylindern wird natürlich die Cylinderaxe in die Richtung der am längsten deutlich gebliebenen Linie gebracht, der darauf senkrechte Meridian ist der schwächstbrechende, dessen Refraction wird (durch den als Convexlinse wirkenden Meridian der Cylinderlinse) der Brechkraft des stärkstbrechenden Meridians genähert und endlich demselben gleichgemacht. Hirschmann glaubt, dass bei Anwendung der Convexcylinder die Accommodation noch mehr ausgeschlossen werde, als bei Verwendung der concaven. Ich will in Betreff dieser Bestimmungsmethode vor Allem hervorheben, dass die Möglichkeit der Bestimmung auf der Angabe des Kranken beruht, mit welchem Cylinderglase er alle Linien gleich deutlich sehe. Ich beneide jene Collegen, deren Clienten im Allgemeinen in dieser Hinsicht brauchbare Angaben (deren Richtigkeit durch Prüfung mit Cylindergläsern und Schriftproben erhärtet werden kann) machen, und noch mehr diese astigmatischen Clienten, welche mit regulärem Astigmatismus behaftet, von irregulärem Astigmatismus so frei sind, dass es für sie eine Cylinderlinse gibt, durch welche alle Radien eines Kreises gleichzeitig deutlich erscheinen. Ich komme im Allgemeinen, wenn ich nicht durch die constatirbare Hebung der Sehschärfe mich von der Wirkung der Cylindergläser überzeugen kann, sondern auf die Angaben über das Deutlicherscheinen von Linien oder Liniensystemen mich verlassen muss, zu keinen brauchbaren Resultaten. Auch ist es und bleibt es richtig, dass beim Sehen auf sehr kurze Distanz die Accommodation angeregt wird. Da wir jetzt wissen, dass durch Accommodation der Astigmatismus eine Aenderung erfahren kann, da es auch bei den binoculär sehenden

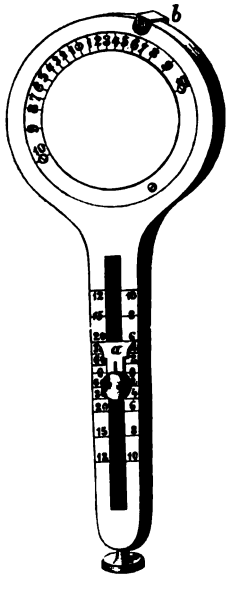
Patienten nicht gerade leicht ist, den Abstand der Centren der beiden dargebotenen Kreise dem Abstande der parallelen Gesichtslinien genau gleich zu machen, da übrigens auch bei parallelen Gesichtslinien die Accommodation nicht zu ruhen braucht, so ist auch das ein immerhin erwähnenswerther kleiner Uebelstand.

Die Stokes'sche Linse besteht aus 2 einfachen plancylindrischen Gläsern, deren ebene Flächen einander zugekehrt sind und deren Axen jede beliebige Winkelstellung zu einander gegeben werden kann. Die eine Linse ist convex, die andere concav, der Krümmungsradius des stärkstwirkenden Meridians an beiden Linsen gleich. Man combinirt also z. B. $+ {}^1/_{12}\ c$ mit $- {}^1/_{12}\ c$. Fallen die Axen der beiden Cylinder in eine Ebene, dann ist die Combination unwirksam; stehen sie senkrecht auf einander, dann wirkt der eine Hauptmeridian als $+ {}^1/_{12}$, der andere als $- {}^1/_{12}$; der Astigmatismus der Stokes'schen Linse ist in ersterem Falle $= {}^1/_{12} - {}^1/_{12} =$ Null, im letzteren $= {}^1/_{12} - (- {}^1/_{12}) = {}^1/_6$. Bilden die Linsenaxen einen Winkel mit einander, der zwischen 0^0 und 90^0 gelegen ist, dann stellt die Combination auch immer einen heterologen Bicylinder dar, wirkt also nach einer Richtung als Convex-, nach der senkrecht daraufstehenden als Concavglas von gleichem numerischen Werthe, der Astigmatismus schwankt zwischen $\frac{1}{\infty}$ und ${}^1/_6$. Ist φ der Winkel, den die Linsenaxen mit einander einschliessen, dann wirkt die Stokes'sche Linse wie ein Bicylinder, dessen Hauptschnitten ein Krümmungsradius $\varrho = \frac{r}{\sin \varphi}$ zukommt (wenn r der Radius der beiden Cylinderlinsen ist) und dessen Axen einen Winkel von 45^0 mit jener Linie einschliessen, welche den Winkel, den die Axen der Cylinder der Stokes'schen Linse mit einander bilden, halbirt (Hoorweg). Wenn also $\varphi = 90^0$, dann ist $\varrho = r$; die beiden Axen mögen dabei vertical und horizontal gestellt sein. Beginnt man die eine Linse vor der andern zu drehen, dann resultirt ein schwächerer Bicylinder, dessen senkrecht auf einander stehende Axen aber kein verticales Kreuz mehr bilden. Indem man weiter dreht, ändert sich nicht blos immer die optische Wirkung des Bicylinders, sondern auch immer die Lage der Axen. Um diesem letzteren Uebelstande abzuhelfen, hat Snellen, nachdem schon Javal früher einen diesbezüglichen Versuch gemacht, nach dem Principe des „Prisme mobile“ [1]) von Crétès eine Stokes'sche Linse $+ {}^1/_{12}\ c \sqcap - {}^1/_{12}\ c$

[1]) S. pag. 388.

mit constanten Axen anfertigen lassen, wie sie Fig. 91 in halber Grösse zeigt. Die Axen bleiben immer vertical und horizontal. Die Wirkung der Linse wird angezeigt sowohl durch den oberen Rand des den Knopf *a* tragenden Schiebers, als auch durch den Index *b*. Der letztere *(b)* steht in der Zeichnung auf 6, der erstere zeigt zur rechten Hand die Ziffer 6, zur Linken die Zahl 20. Die letztere Zahl gibt an, dass der Bicylinder bei dieser Stellung des Kopfes als $+ {}^1/_{20}\, c \sqcap - {}^1/_{20}\, c$ wirkt. Die beiden Zahlen 6 sind Tautologien, sie sagen dasselbe wie die Zahl 20. Der Refractionswerth $^1/_{12}$ ist nämlich in zehn gleiche Theile, also $^{10}/_{120}$ getheilt. Die am Kreisbogen oben und die am Handgriffe zur Rechten stehenden Zahlen sind die Zähler eines Bruches, dessen Nenner 120 ist und der den jeweiligen Werth der Stokes'schen Linse angibt. Stehen die Marken auf 6, dann bedeutet das soviel wie $^6/_{120} = {}^1/_{20}$, was wir ohnehin an der linken Seite des Schiebers unmittelbar ablesen. Die Scala ist am Kreisbogen von 0 nach rechts und links, am Griffe von 0 nach oben und unten getheilt. Bei der Stellung, wie sie die Zeichnung zeigt, ist der Knopf von der Anfangsstellung bei 0 nach oben bis zu 6 geschoben. Wenn ich ihn nach abwärts bis zu 6 verschiebe, (wobei der Index *b* auf die zweite Sechs des Kreisbogens zeigen wird) zeigt die Linse wieder eine Wirkung, wie $+ {}^1/_{20}\, c \sqcap - {}^1/_{20}\, c$. nur mit dem Unterschiede, dass bei der Bewegung des Knopfes nach oben (so ist es wenigstens an dem Instrumente, das ich in Händen habe) der convexe Meridian vertical, der concave horizontal steht, während bei der Verschiebung des Knopfes nach unten das Umgekehrte der Fall ist. Die Stokes'sche Linse, namentlich jene mit constanter Axe ist gewiss ein interessantes optisches Instrument, aber wiewohl mit ihr durch leichte Verschiebung des Knopfes alle astigmatischen Wirkungen von 0 bis $^1/_6$ zu erreichen sind, so halte ich doch die Bestimmung des Astigmatismus mit ihrer Hilfe für das von allen am allerwenigsten zu empfehlende und zum Ziele führende Verfahren. Ja, stünden die Hauptschnitte des astigmatischen Auges immer vertical und horizontal und wäre dabei gemischter Astigmatismus mit ungefähr gleichem numerischem Werthe der entgegengesetzt brechenden Meridiane die Regel, dann wäre die Stokes'sche Linse mit constanter Axe ein

Fig. 91.



herrliches Instrument, um den Astigmatismus im Augenblicke zu messen. Da aber eine Abweichung der Meridiane von dem verticalen Kreuze sehr gewöhnlich, und gemischter Astigmatismus von der besprochenen Sorte äusserst selten vorkommt, so ist die Stokes'sche Linse weniger brauchbar. Ich muss zur Correction des Astigmatismus den schwächstbrechenden Meridian der Linse mit dem stärkstbrechenden des Auges und umgekehrt zusammenfallen machen. Dazu muss ich zuerst die Richtung der Hauptmeridiane bestimmen. Wenn man, wie wir es gewöhnlich machen, auf 20 oder 10′ nach Snellen'schen Buchstaben blicken lässt, wird (indem wir von den etwa nöthigen sphärischen Gläsern absehen) gefunden, dass wenn man z. B. ein schwaches Cylinderglas $+ {}^1/_{30}\ c$ oder $- {}^1/_{30}\ c$ vor dem Auge herumdreht, bei einer bestimmten Stellung das deutlichste Sehen zu constatiren ist. Damit ist die Richtung der Hauptmeridiane bestimmt. Besteht z. B. $Am\ {}^1/_{20}$, dann wird, wenn $- {}^1/_{30}\ c$ mit seinem brechenden Meridian in den stärkstbrechenden Meridian des Auges fällt, Am von ${}^1/_{20}$ auf ${}^1/_{20} - {}^1/_{30} = {}^1/_{60}$ reducirt, es besteht nur noch $Am\ {}^1/_{60}$, das Sehvermögen steigt wesentlich. Besteht $Ah\ {}^1/_{20}$, so wird der Astigmatismus bei einer bestimmten Stellung von ${}^1/_{30}\ c$ gleichfalls auf ${}^1/_{60}$ verringert. Indem ich den Knopfrand (und damit den Index b) an der Stokes'schen Linse auf 2 stelle, habe ich auch eine astigmatische Linse ${}^1/_{30}$, indem ${}^2/_{120} - (- {}^2/_{120}) = {}^1/_{30}$, aber indem ich (nach etwaiger Vorsetzung von sphärischen Gläsern) den im Vergleiche zu einer einfachen Cylinderlinse schwerfälligen Apparat vor dem Auge herumdrehe, erreiche ich doch nicht meinen Zweck. Besteht $Am\ {}^1/_{20}$, dann bekomme ich die beste Correction, wenn $- {}^1/_{60}$ mit dem stärkstbrechenden, also $+ {}^1/_{60}$ mit dem schwächstbrechenden Meridian des Auges zusammenfällt. Im ersteren besteht noch $M\ {}^1/_{20} - {}^1/_{60} = {}^1/_{30}$, in letzterem wird E in $M\ {}^1/_{60}$ umgewandelt. Der Astigmatismus ist allerdings wie durch die einfache Cylinderlinse auf ${}^1/_{60}$ herabgemindert, aber das Auge hat dazu $M\ {}^1/_{60}$ acquirirt. es besteht nunmehr zusammengesetzter myopischer Astigmatismus $M\ {}^1/_{60} + Am\ {}^1/_{60}$. Trotz der Verminderung des Astigmatismus wird aber auf den Abstand von 20′ durchaus keine Verbesserung des Sehens eintreten, im Gegentheil, es sieht Jemand mit $Am\ {}^1/_{20}$ besser in die Ferne als mit $M\ {}^1/_{60} + Am\ {}^1/_{60}$. Besteht $Ah\ {}^1/_{20}$, dann wird durch die Bicylinder ${}^1/_{60}\ \sqsubset - {}^1/_{60}$ in der besten Stellung $H\ {}^1/_{60} + Ah\ {}^1/_{60}$ daraus gemacht. Jetzt wird besser gesehen, falls die Hypermetropie durch Accommodation überwunden wird. Besteht hochgradiger hypermetropischer Astigmatismus, braucht man stärkere Cylindergläser, um eine Verbesserung des Sehens durch Abnahme des Astigmatismus con-

statiren zu können, dann wird auch bei *Ah* die sphärische Nebenwirkung der Stokes'schen Linse so bedeutend, dass es fraglich ist, ob die erzeugte Hypermetropie durch Accommodation neutralisirt und eine Besserung des Sehvermögens nachweisbar wird. Man glaube ja nicht, dass wenn man statt der Snellen'schen Buchstaben etwa radiär angeordnete Striche als Probeobject nimmt, die Sache sich dann besser gestaltet. Bei einfachem (oder durch sphärische Gläser möglichst corrigirtem zusammengesetztem) Astigmatismus ist auf Abstand Eine Linie, deren Richtung mit der auf der Netzhaut liegenden Brennlinie zusammenfällt, deutlich. Wenn ich entsprechende, auch nicht corrigirende Cylindergläser vordrehe, werden auch die anderen Linien mit Abnahme des Astigmatismus deutlicher; wenn ich aber durch die Stokes'sche Linse neben Verminderung des Astigmatismus Ametropie erzeuge, dann werden die Linien, wenn nicht zufällig die Accommodation aushelfen kann, alle mit einander undeutlich. Es fehlt vollständig der Anhaltspunkt dafür, wann die richtige Stellung der Linse erreicht ist.

Aber gesetzt, wir hätten mit der Stokes'schen Linse oder auf irgend eine andere Weise die Richtung der Hauptmeridiane bestimmt, gesetzt, wir hätten eine bequeme Vorrichtung, um den Axen der Stokes'schen Linse genau die nöthige Richtung zu geben, so dass der stärkstbrechende Meridian der Linse mit dem schwächstbrechenden des Auges zusammenfällt, so ist es im Allgemeinen doch nicht möglich, den Astigmatismus zu bestimmen. Habe ich gefunden, dass mit einem Cylinderglas $-\,{}^1/_{30}$ die Sehschärfe steigt, wenn der auf die Axe senkrechte Linsenmeridian mit seinem oberen Ende z. B. um 30^0 nach innen von der Verticalen abweicht, dann brauche ich nur in die gegebene Richtung immer stärkere negative Cylindergläser vorzuhalten, bis ich das schwächste, etwa $-\,{}^1/_{10}\,c$ finde, mit dem die grösste Sehschärfe erreicht wird. Die Correction des Astigmatismus wird durch die Sehschärfe controlirt. Ein Linienstern würde dabei in allen seinen Radien deutlich erscheinen, wenn kein stärkerer irregulärer Astigmatismus besteht. Wenn ich aber schon der Stokes'schen Linse die richtige Stellung vor dem Auge leicht geben könnte, dann würde doch dem Untersuchten nicht klar, wann der Astigmatismus corrigirt ist. Es wird dies dann geschehen, wenn der Knopf auf 6 nach unten geschoben ist Es wird dann die Linse als $-\,{}^1/_{20}\,c\,\sqcap\,{}^1/_{20}\,c$ wirken, im myopischen Meridiane wird $M\,{}^1/_{10} - {}^1/_{20} = M\,{}^1/_{20}$, im emmetropischen $\frac{1}{\infty} + {}^1/_{20} = M\,{}^1/_{20}$ entstehen, *As* ist aufgehoben, aber für den Untersuchten *gibt* sich diese Aufhebung durch nichts Bestimmtes kund, weil er jetzt

mit $M\,^1/_{20}$ wahrscheinlich schlechter als mit $Am\,^1/_{10}$ in die Ferne sieht und weil ihm die radienförmigen Linien jetzt alle undeutlich werden. Die Stokes'sche Linse hat, wenn nicht Astigmatismus mixtus mit gleichem Werthe der entgegengesetzt brechenden Meridiane besteht — streng genommen auch dann nicht, denn z. B. bei $Amh = M\,^1/_7 + H\,^1/_7$ dient zur Correction nicht — $^1/_7\ c\ \sqcap^1/_7\ c$, sondern wegen des Abstandes der Linse vom Augenknotenpunkte, den wir wenigstens mit $^3/_4$" annehmen müssen, — $^1/_{6\,1/_4}\ c\ \sqcap^1/_{7\,3/_4}\ c$ — ich sage, die Stokes'sche Linse hat bei allen Formen des einfachen und zusammengesetzten, sowie bei den (ohnehin seltenen) gewöhnlich vorkommenden Formen des gemischten Astigmatismus eine sphärische Nebenwirkung. Sie corrigirt den Astigmatismus, macht aber dabei das Auge myopisch oder hypermetropisch. Eine nachträgliche Correction durch sphärische Gläser oder Gläsercombinationen ist nicht möglich, weil der Untersuchte den Moment der Correction des Astigmatismus anzugeben ausser Stande ist. Javal, dem die Stokes'sche Linse selbst mit constanter Axe auch nicht recht behagt, will an ihre Stelle eine einfache Combination zweier Cylinder (eines convexen und concaven) mit parallelen Axen setzen, und durch wechselnden Abstand der Gläser die Reihe der Cylinder herstellen. Dass ist dann eine Art Galilaei'schen Fernrohres mit cylindrischem Ocular und Objectiv, während Snellen die Stokes'sche Linse von constanter Axe mit einem gewöhnlichen Galilaei'schen Fernrohre zu dem Zwecke combinirte, um die jeweilige sphärische Wirkung der Cylindercombination durch jene des Fernrohres aufzuheben.

Wir haben noch darüber zu sprechen, wie sich die Eruirung des Astigmatismus gestaltet, wenn man sich zwar zu diesem Zwecke in einfachster Form der Cylindergläser bedient, aber statt der Probebuchstaben Liniensysteme verwendet. Snellen hat seinen Probebuchstaben ein in verschiedene Richtungen zu stellendes System paralleler Linien beigefügt, und ist auch, damit mit der Stokes'schen Linse die Refraction in den einzelnen Meridianen des Auges nach einander bestimmt werden könne — (ein wenig zu empfehlendes Verfahren) — in der letzten Ausgabe seiner Schriftproben wieder darauf zurückgekommen, nur dass er 7 Systeme von drei parallelen Linien, den Grössenverhältnissen der Buchstaben 200 bis 20 entsprechend, ausführen liess. Durch die Mitte der Tafel wird ein Nagel geschlagen, um den dieselbe gedreht werden kann. An einem getheilten Gradbogen wird die jeweilige Richtung der Linien abgelesen. Javal ordnete in seinem Instrumente die Linien, wie wir gesehen haben, in einem Sterne an. Dasselbe that Green, und auch auf einer der 4 Tafeln O. Becker's

sind Systeme von drei parallelen Linien sternförmig angebracht, während auf zwei anderen die Liniensysteme, verschiedene Richtungen darbietend, in horizontalen Reihen stehen und die vierte Tafel ein System concentrischer Kreise enthält. Snellen construirte dann einen halben Stern, dessen einzelne Linien ursprünglich von ihrem peripheren Ende gegen das Centrum an Breite abnahmen, die aber später in zweckmässiger Weise eine überall gleiche Breite erhielten.

Man lässt nach einer dieser letzteren Tafeln aus der Entfernung von 20 bis 10 Fuss, der Sehschärfe entsprechend, blicken. Entweder wird Eine Linie (oder Ein Liniensystem) jetzt deutlich gesehen oder nicht. Ist ersteres der Fall, dann gibt uns die Richtung der deutlichen Linie die Richtung eines Hauptmeridians an, aber wir wissen durchaus nicht, ob jene des stärkst- oder schwächstbrechenden. Bei einfachem myopischem Astigmatismus ist es die Richtung des stärkst-, bei einfachem hypermetropischem Astigmatismus die Richtung des schwächstbrechenden Meridians. In ersterem Falle steht die hintere, in letzterem Falle die vordere Brennlinie auf der Netzhaut. Es könnte zwar auch das Auge mit *Ah* durch Accommodation die hintere Brennlinie auf die Netzhaut bringen, aber dann können wir bei der subjectiven Prüfung nur *Am*, nie *Ah* diagnosticiren. Bei zusammengesetztem Astigmatismus gibt das schwächste Concavglas, welches Eine Linie deutlich hervortreten macht, die Richtung des stärkst-, das schwächste Convexglas, welches diesen Effect erreicht, die Richtung des schwächstbrechenden Meridians an. Indem man das eine Mal concave, das andere Mal convexe Cylindergläser der Reihe nach so vor das Auge stellt, dass den Verhältnissen entsprechend sowohl bei den concaven, als bei den convexen Cylindergläsern die Axe mit der Richtung der deutlichen Linie einen Winkel von 90° bildet, wird man oder vielmehr soll man zu einem Glase kommen, mit dem alle Linien gleichzeitig deutlich erscheinen. Dieses Glas gibt uns den Astigmatismus an. In Betreff des gemischten Astigmatismus denke man an das früher Gesagte.

Diese Untersuchungsmethode setzt voraus, dass es wirklich ein Cylinderglas gibt, durch welches alle Liniensysteme deutlich werden, dass also irregulärer Astigmatismus nur in geringem Grade entwickelt ist; sie setzt immerhin eine gewisse Intelligenz von Seite des Geprüften voraus, denn es ist nicht gar so leicht anzugeben, mit welchem Cylinderglase man alle Striche absolut deutlich oder relativ am deutlichsten sieht; sie liefert den Arzt ohne Controle in die Hände der Patienten. Man kann freilich (und muss es auch) die Controle nachträglich mit Probebuchstaben üben, aber dann begreife ich nicht, warum man nicht

gleich Probebuchstaben nimmt, mit deren Hilfe man viel unzweideutigere Aufschlüsse erhält. Um die Angaben besser controliren zu können, setzte man Buchstaben und Ziffern durch Linien zusammen, welche in den verschiedenen Richtungen der Windrose liefen (Pray, Heymann). Der Zweck ist, dass angegeben werde, welcher Buchstabe, welche Ziffer deutlich erscheint und dass eruirt werde, mit welchem Cylinder jener Buchstabe, jene Ziffer deutlich hervortritt, deren Striche senkrecht auf der Richtung der Striche der ersteren Zeichen stehen. Allein diese nicht immer leicht erkennbaren, aus unterbrochenen Strichen von wechselnder Breite zusammengesetzten Buchstaben bewähren sich praktisch noch weniger, als die Liniensysteme. Freilich sollte jede der letzteren durch weithin sichtbare Buchstaben oder Ziffern gekennzeichnet sein, damit man nicht noch seine Zeit damit verliert, herauszubringen, welches denn eigentlich die vom Patienten deutlich gesehene Linie sei.

Auch das Princip des Scheiner'schen Versuches wurde von Thomson zur Bestimmung des Astigmatismus verwerthet, wie andererseits Bravais ein Astigmometer construirte, in welchem die verschiedenen Cylinderwirkungen durch eine schief gegen die Gesichtslinie stellbare sphärische Linse hervorgerufen werden.

Die mit Gläsern und Schriftproben gewonnenen Resultate geben uns die verschiedenen Formen des Astigmatismus an. In Betreff des wahren Werthes der Refractionsanomalie kann man dieselben Regeln gelten lassen, wie bei der Bestimmung der Ametropie. Ist die Differenz zwischen dem Linsen- und dem wirklichen Refractionswerthe nicht grösser als $^1/_{120}$, so kann man in praxi durch den Werth der Cylinderlinse den Astigmatismus ausdrücken, während man sonst den Abstand der Cylinderlinse vom Knotenpunkte des Auges in Betracht zieht. Ist z. B. $+ ^1/_{18}$ oder $- ^1/_{18}\,c$ das Correctionsglas, dann besteht einfacher Astigmatismus, $Ah\,^1/_{18}$ oder $Am\,^1/_{18}$; wäre $+ ^1/_7$ oder $- ^1/_7\,c$ zur Correction nöthig, dann würde, indem wir das Correctionsglas als knapp vor dem Auge stehend annehmen, das eine Mal $Ah\,^1/_{6\cdot5}$, das andere Mal $Am\,^1/_{7\cdot5}$ gegeben sein. Erweist sich die Combination eines sphärischen Glases mit einem homologen cylindrischen als corrigirend, dann ist zusammengesetzter Astigmatismus da. Corrigirt z. B. $- ^1/_{30}\,s \bigcirc - ^1/_{20}\,c$, dann besteht $M\,^1/_{30} + Am\,^1/_{20}$; und $H\,^1/_{30} + Ah\,^1/_{20}$ ist vorhanden, wenn $^1/_{30}\,s \bigcirc ^1/_{20}c$ die corrigirende Combination. Corrigirt $- ^1/_6\,s \bigcirc - ^1/_{30}c$, dann hat man: $M\,^1/_{6\cdot5} + Am\,^1/_{30}$. Corrigirt $^1/_{20}\,s \bigcirc ^1/_7\,c$, dann erschliesst man $H\,^1/_{20} + Ah\,^1/_{6\cdot5}$. Wenn die Neutralisation erfolgt durch die Combination eines sphärischen Convexglases mit einem negativen Cylinderglase, dessen stärkstzerstreuender Meridian die Wirkung der

Sammellinse übertrifft, dann ist gemischter Astigmatismus gegeben. Corrigirt z. B. $^1/_{24}\ s \bigcirc - {}^1/_8\ c$, dann besteht $Amh = M\,{}^1/_{12} + H\,{}^1/_{24}$. Die Correction kann also in diesem Falle auch erreicht werden durch einen Bicylinder: $-\ {}^1/_{12}\ c \sqcap {}^1/_{24}\ c$.

Die subjective Prüfung des Astigmatismus braucht ebenso wenig absolut richtige Resultate zu geben, als sie die Gläserprüfung bei Ametropie liefert. Die Accommodation kann nicht blos zusammengesetzten hypermetropischen Astigmatismus als einfachen Ah oder auch als Am, sowie Astigmatismus mixtus als Am erscheinen lassen, sondern sie kann auch den Werth des Astigmatismus ändern, wenn der Ciliarmuskel sich ungleichmässig contrahirt. Doch habe ich in dieser Hinsicht nur Verringerung des Astigmatismus, nicht aber auch Erhöhung desselben beobachtet. Für die subjective Prüfung, der sich manchmal sehr grosse Schwierigkeiten entgegenstellen, gewinnt man bei einigermassen ausgesprochenen Astigmatismusgraden durch die Augenspiegelprüfung treffliche Anhaltspunkte. Man gewinnt so mitunter die Ueberzeugung, dass die wahre Refraction bei der Gläserprüfung nicht hervortritt, sondern erst nach energischer Atropinisirung subjectiv bestimmbar sein wird. Wenngleich ich früher das Verhalten der Astigmatiker gegen sphärische Gläser geschildert habe, so wird doch manchmal nur der Spiegel vor schweren Irrthümern bewahren. Ich habe schon früher einmal[1]) darauf hingewiesen, dass hypermetropische Astigmatiker durch Concavgläser entschieden besser zu sehen angeben. Ich hielt das damals für eine Täuschung, jetzt weiss ich, dass in solchen Fällen die Sehschärfe durch Concavgläser wirklich steigt, weil durch die letzteren eine starke, aber ungleichmässige Contraction des Ciliarmuskels angeregt und dadurch eine mehr oder weniger vollständige Correction des Astigmatismus erzielt wird. Eine genaue Bestimmung des Grades des Astigmatismus kann jedoch, wie schon erwähnt, mit dem Augenspiegel, namentlich wegen des irregulären Astigmatismus, weder mit Cylindergläsern, noch durch directe Bestimmung der Refraction in jedem der Hauptmeridiane erreicht werden. Doch ist die Untersuchung des Augengrundes der Astigmatiker mit Cylindergläsern immerhin lehrreich[2]) und nach Coccius[3]) für die genaue Prüfung der Macula lutea sogar nothwendig.

---

[1]) Ophthalmoscopie. pag. 174.

[2]) S. das Nähere Ophthalmoscopie. p. 204—206.

[3]) Ophthalmometrie und Spannungsmessung. p. 41.

Soweit sind wir gekommen, ohne dass wir nach den Ursachen des Astigmatismus gefragt haben. Jetzt wollen wir uns mit dieser Frage beschäftigen. Die Refractionsanomalie kann eine angeborene oder erworbene sein.

Es handelt sich zunächst darum, zu erörtern, in welcher Weise sich Hornhaut und Linse bei dem Zustandekommen des angeborenen Astigmatismus betheiligen. Von einer und der anderen Seite wurde in neuerer Zeit der Lapsus begangen, zu glauben, dass auch die Netzhaut, wenn sie in verschiedenen Meridianen verschieden gekrümmt wäre, Astigmatismus zu erzeugen oder zu corrigiren im Stande sei. Ob die von Einem Punkte ausgehenden Strahlen wieder zu Einem Punkte sich sammeln können oder nicht, kann jedoch natürlich nur von den das Licht brechenden Medien abhängen.

Der Prüfung zugänglich ist der totale Astigmatismus des Auges mit Hilfe von Gläserproben (und Atropin, falls Accommodationskrampf besteht); der Prüfung zugänglich ist ferner der Astigmatismus der Hornhaut, indem man die Krümmung der Hornhaut in ihren verschiedenen Meridianen messen kann; den Astigmatismus der lebenden Linse nur mit einiger Genauigkeit direct zu bestimmen, gehört jedoch noch zu den frommen Wünschen. Doch lässt sich aus dem Werthe des totalen Astigmatismus des Auges, sowie aus jenem der Hornhaut ersehen, in wiefern der Hornhautastigmatismus durch den Linsenastigmatismus beeinflusst wird, auch hat man versucht, unter Zugrundelegung der Werthe des totalen und des Cornealastigmatismus den Astigmatismus der Linse zu berechnen. Wenn die Hauptmeridiane des Auges mit jenen der Cornea zusammenfallen, resp. mit einander rechte Winkel bilden, dann lässt sich durch einfache Subtraction der Astigmatismus der Linse aus dem Astigmatismus des Auges und der Cornea finden. Wenn aber die Hauptmeridiane des Auges mit jenen der Hornhaut andere Winkel als solche von 0^0 oder 90^0 einschliessen, dann zeigt dies an, dass die Hauptschnitte der Linse mit jenen der Hornhaut nicht zusammenfallen und dass sich — man denke an die Stokes'sche Linse — durch einfache Subtraction der Werth des Linsenastigmatismus nicht bestimmen lässt. Donders hat unter Mitwirkung von Hoek und Buys Ballot Formeln aufgestellt, nach welchen er den Antheil der Linse am Astigmatismus des Auges aus den Werthen für den letzteren und für die Cornealasymmetrie berechnete.

Die directe Bestimmung des Astigmatismus der Hornhaut geschieht mit Hilfe des Ophthalmometers. In derselben Weise, wie die Krümmung des Horizontalmeridians der Hornhaut, bestimmt man auch,

z. B. von 10 zu 10° oder von 15 zu 15° die Krümmung der übrigen Meridiane. Zu dem Zwecke wird der Spiegelapparat (Tafel III *S*) um die gewünschte Anzahl von Graden um die Ophthalmometeraxe gedreht, worauf man den drei Spiegelchen durch leichte Drehungen die richtige Lage gibt, so dass auf der zu untersuchenden Hornhaut die drei Reflexe wieder hervortreten. Man kann sich in der raschen Einstellung der Spiegel eine grosse Uebung erwerben, so dass die Zeit, die zur jedesmaligen richtigen Einrichtung derselben erforderlich ist, gar nicht als Zeitverlust in Betracht fällt. Allerdings begnügt man sich dabei zu constatiren, dass die Spiegelreflexe scharf auf der Hornhaut hervortreten, ohne darauf Rücksicht zu nehmen, ob der Untersuchte die Flamme genau in der Mitte jedes Spiegelchens sieht, wie es die Theorie erfordern würde. Wollte man das letztere erreichen, dann wäre die jedesmalige Spiegeleinstellung eine umständlichere und, weil von den Angaben des Untersuchten abhängig, nicht immer sicher zu lösende Aufgabe. Sind die Spiegel eingestellt — das Geschäft kann auch der Assistent, dem die Ablesungen am Instrumente obliegen, besorgen — dann dreht der Untersucher den die Platten enthaltenden Kopf des Ophthalmometers in demselben Sinne und um die gleiche Anzahl von Graden, wie der Spiegelapparat gedreht wurde. Indem man jetzt die richtige Einstellung der drei Lichtpunkte ausführt, wird die Krümmung des betreffenden Meridians gemessen. Lässt man bei diesen Messungen das Auge die Mitte der Ophthalmometeraxe fixiren, dann fällt die Gesichtslinie in die Axe des Apparates, und es wird ein System von Hornhautmeridianen gemessen, das durch die Gesichtslinie gelegt ist. In der That interessirt es uns, die Krümmung jenes Flächenstückes der Hornhaut zu kennen, das zur Erzeugung der Bilder auf der Fovea centralis verwendet wird. Will man ein System von Meridianen messen, die durch den Scheitel der Hornhaut gehen, dann muss man die Hornhautaxe mit der Axe des Apparates zusammenfallen lassen. Dazu bedarf es der Kenntniss der Lage des Hornhautscheitels. Man kann sich nach den früher entwickelten Principien darum bemühen. Wir haben gesehen, dass die von Donders zu diesem Zwecke angewendete Methode nicht als exact anzusehen ist. Aber gesetzt, sie wäre vollkommen exact, so könnte doch mit ihrer Hilfe die Lage des Hornhautscheitels nur dann bestimmt werden, wenn die Meridiane der stärksten und schwächsten Krümmung der Hornhaut ein verticales rechtwinkeliges Kreuz mit einander bilden. Wie aber, falls (wie dies in den genauer gemessenen von Donders veröffentlichten Fällen durchgehends der Fall ist) die Hauptschnitte der Hornhaut vom verticalen Kreuz abweichen, die Me-

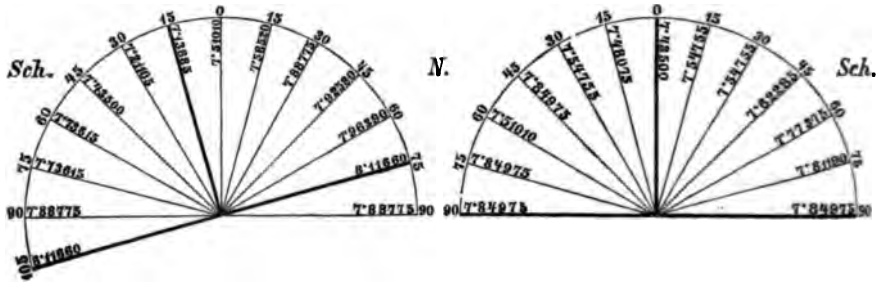
thode zur Bestimmung des Scheitels der Hornhaut verwendet werden konnte, ist mir unverständlich. Ich will bemerken, dass bei der ganzen Anordnung des Apparates (Tafel III) der massive Gradbogen die Messung der Hornhaut in ihren verschiedenen Meridianen nicht stört, so dass selbst wenn die Spiegel vertical übereinanderstehen, noch sämmtliche Reflexe unbehindert auf die Hornhaut fallen, nur muss immer Spiegel 1 sich unter der Horizontalen bewegen. Am Gradbogen wird also das Visir in entsprechender Weise angebracht, wenn man nach Ermittlung des Hornhautscheitels die Hornhautaxe in die Axe des Apparates fallen lassen will. Ich will ferner bemerken, dass es durchaus nicht leicht ist, die Messungen in allen Fällen mit der nöthigen Exactheit vorzunehmen, um gewisse Fragen, die uns besonders interessiren, mit Bestimmtheit zu entscheiden, so, ob die Krümmung der Meridiane vom Minimum zum Maximum ohne Rückfall zunimmt, ob der stärkst- und schwächstgekrümmte Meridian wirklich immer einen Winkel von 90° mit einander einschliesst, welches der Unterschied in den Resultaten ist, wenn wir einerseits die Gesichtslinie, anderseits die Hornhautaxe (falls letztere nicht zu excentrisch gelegen ist) mit der Ophthalmometeraxe zusammenfallen lassen. Ich muss gestehen, ich habe in dieser Hinsicht mitunter eine geradezu exemplarische Geduld und Ausdauer an den Tag gelegt, ohne aber selbst bei geeigneten, hinlänglich intelligenten und willigen Individuen nach sehr langer Beschäftigung mit deren Augen zu hinlänglich sicheren Resultaten gekommen zu sein. Geringe Unterschiede, die man da findet, treten bei wiederholten Messungen entweder nicht oder mit entgegengesetztem Zeichen hervor.

Ich will zunächst an einem verhältnissmässig sehr regelrechten Falle zeigen, wie sich die ganze Messung und Berechnung gestaltet.

Antonio Andreati, 15 Jahre alt, hat am rechten Auge $S\ ^{10}/_{100}$, am linken Auge $^{10}/_{70}$. Vor und nach (energischer) Atropininstillation besteht rechts $Ah\ ^1/_{8\cdot5}$, links $Ah\ ^1/_{13\cdot5}$; rechts ist ein convexcylindrisches Glas corrigirend, dessen wirkliche Brennweite 9 P. Z. beträgt; links corrigirt ein Convexcylinder von 14 P. Z. wirklicher Brennweite. Wenn wir auch für die klinische Betrachtung den Unterschied zwischen Glas und As vernachlässigen, so lange dieser Werth $< ^1/_{120}$, für die Berechnung dürfen wir es nicht thun. Steht das Glas $^1/_2$" vor K, dann wird durch $^1/_9\ c\ Ah\ ^1/_{8\cdot5}$, doch $^1/_{14}\ c\ Ah\ ^1/_{13\cdot5}$ corrigirt; rechts ist mit $^1/_9\ c\ S\ ^{20}/_{40}$; die Axe des Cylinders und mithin der Meridian der stärksten Krümmung des ganzen Auges, M_o, weicht mit dem oberen Ende um 15° schläfenwärts von der Verticalen ab. Links mit $^1/_{14}\ c\ S\ ^{20}/_{30}$, Axe des Cylinders, also auch M_o vertical. Die Ex-

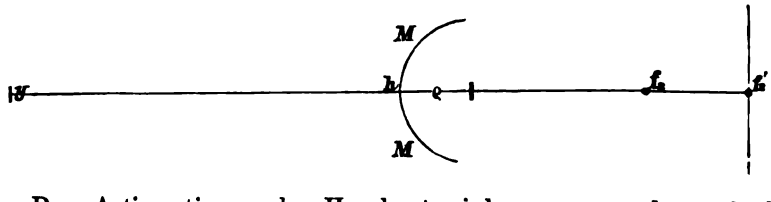
gebnisse der Hornhautmessung beider Augen zeigt die vorliegende Zeichnung (Fig. 92). Es wurden die durch die Gesichtslinie gehenden

Fig. 92.



Meridiane von 15 zu 15° gemessen. Am rechten Auge liegt der Hornhautmeridian der stärksten Krümmung, M_c, mit seinem oberen Ende 15° schläfenwärts von der Verticalen, sein Radius, ϱ, beträgt $7{\cdot}13_{685}$ M^m; der schwächstgekrümmte Meridian, m_c, steht um 90° ab, sein Halbmesser, r, beträgt $8{\cdot}11_{660}$ M^m. Die Krümmungsabnahme erfolgt in den Meridianen stetig von M_c bis m_c, jedoch schläfen- und nasenwärts durchaus nicht in symmetrischer Weise. Am linken Auge liegt M_c vertical, m_c horizontal. Es finden sich zwar auch andere Meridiane, welche die gleiche Krümmung, wie m_c aufweisen, aber keiner, der schwächer gekrümmt wäre. Diese Hornhaut zeigt nicht mehr die Stetigkeit in dem Krümmungswechsel, wie die rechte, denn im Nasentheil tritt zwischen 45 und 75° eine bedeutende Zunahme der Krümmung (bei 60°) auf. Das, was wir zunächst constatiren können, ist, dass in beiden Augen M_o und M_c (die Krümmungsmaxima des Gesammtauges und der Cornea), sowie m_o und m_c (die entsprechenden Krümmungsminima) zusammenfallen, es ist daher jetzt zu erörtern, ob der Astigmatismus des Auges allein vom Astigmatismus der Hornhaut abhängt.

Fig. 93.



Der Astigmatismus der Hornhaut wird, wenn r und ϱ gefunden sind, in folgender Weise berechnet. Ist (Fig. 93) M der verticale, stärkstbrechende, m der horizontale schwächstbrechende Meridian einer

asymmetrischen Fläche, vor welcher sich ein Medium mit dem Brechungsindex n_1, hinter welcher sich ein Medium mit dem Index n_2 befindet, bezeichnet ϱ den Radius von M, r den Radius von m, so mögen die von einem entfernten Leuchtpunkte x kommenden Strahlen durch den Horizontalmeridian in f'_2, durch den verticalen in f_2 vereinigt werden. $hf'_2 = \varphi'_2$ ist die hintere Brennweite des horizontalen, $hf_2 = \varphi_2$ jene des verticalen Meridianes. Gesetzt es ginge ein Schirm durch f'_2, so frage ich, an welcher Stelle der Axe müsste ein Leuchtpunkt y liegen, damit die durch den verticalen Meridian gehenden Strahlen in f'_2 vereinigt werden. Die Frage ist leicht zu beantworten. Wir kennen die Formel

$$l_1 \, l_2 = \varphi_1 \, \varphi_2$$

l_2 ist der Abstand des Bildes vom 2. Brennpunkte, im unserem Fall $l_2 = f_2 \, f'_2 = \varphi'_2 - \varphi_2$, daher

$$l_1 = \frac{\varphi_1 \, \varphi_2}{\varphi'_2 - \varphi_2}$$

Mit l_1 ist der Abstand des leuchtenden Punktes vom 1. Brennpunkte gegeben, daher ist der Abstand $R = yh$ des leuchtenden Punktes von der brechenden Fläche $R = l_1 + \varphi_1 = \frac{\varphi_1 \, \varphi_2}{\varphi'_2 - \varphi_2} + \varphi_1$

Nun ist [1])

$$\varphi_1 = \frac{\varrho}{n_2 - n_1}$$

$$\varphi_2 = n_2 \, \varphi_1 = \frac{n_2 \, \varrho}{n_2 - n_1}$$

$$\varphi'_2 = \frac{n_2 \, r}{n_2 - n_1}$$

Daraus berechnet man

$$R = \frac{\varrho^2}{(n_2 - n_1)(r - \varrho)} + \frac{\varrho}{n_2 - n_1} = \frac{r\varrho}{(n_2 - n_1)(r - \varrho)} \quad \text{(E. Berlin)}$$

Auf das Auge übertragen heisst das: Wenn die Cornea in M_c den Radius ϱ, in m_c den Radius r aufweist und wenn das Auge im Zustande der Aphakie so lang wäre, dass die durch m_c gehenden parallel auffallenden Strahlen auf der Netzhaut in f'_2 zur Vereinigung kämen, dann würden im Meridiane der stärksten Krümmung Strahlen, die von einem um R von der Hornhaut abstehenden Leuchtpunkte ausgehen, gleichfalls in f'_2 sich vereinigen. Während das Auge in der Richtung des schwächstbrechenden Meridianes emmetropisch ist,

[1]) S. pag. 243.

zeigt es Myopie im stärkstbrechenden Meridiane. Den Fernpunktsabstand dürfen wir jedoch nicht von der Cornea, sondern wir müssen ihn von dem um ϱ abstehenden Knotenpunkt K rechnen. Es besteht daher in M_c

$$M = 1 : \left(\frac{r\,\varrho}{(n_2 - n_1)\,(r - \varrho)} + \varrho \right) = \frac{1}{R'}$$

Der Astigmatismus der Hornhaut

$$As_c = \frac{1}{R'} - \frac{1}{\infty} = 1 : \left(\frac{r\,\varrho}{(n_2 - n_1)\,(r - \varrho)} + \varrho \right)$$

Ein concaver Cylinder (dessen Axe mit m_c zusammenfällt) von der Brennweite

$$\frac{r\,\varrho}{(n_2 - n_1)\,(r - \varrho)} + \varrho - d$$

wobei d den Abstand des Glases von K bezeichnet, wird bewirken, dass parallele Strahlen, die durch M_c gehen, gleichfalls in f'_2 vereinigt werden, daher den Astigmatismus der Hornhaut corrigiren.

Wenn wir bedenken, dass für's Auge $n_1 = 1$, sowie dass wir n_2 stets $= 1{\cdot}3377$ genommen haben, dann erhalten wir

$$R' = \frac{r\,\varrho}{0{\cdot}3377\,(r - \varrho)} + \varrho$$

Diese Form des Werthes von R' ist für die Berechnung die bequemste. Es lässt sich zwar ein eleganterer Ausdruck für R' herstellen, nämlich

$$R' = \frac{3{\cdot}9612\,r\,\varrho - \varrho^2}{r - \varrho}$$

welcher jedoch für die Rechnung viel unbequemer ist.

Kehren wir jetzt zu unserem Falle zurück. Am rechten Auge ist

$$\varrho = 7{\cdot}13685,\ r = 8{\cdot}11660\ \text{M}^{\text{m}}.$$

Der Astigmatismus der Hornhaut wird nach vorstehender Formel berechnet:

$$As_c = \frac{1}{182{\cdot}22\ \text{M}^{\text{m}}.} = \frac{1}{6{\cdot}7\ \text{P. Z.}}$$

Der Astigmatismus des ganzen Auges ist:

$$As_o = {}^1/_{8{\cdot}5}.$$

Der Astigmatismus der Hornhaut ist also grösser, als der des ganzen Auges. Es folgt daraus, dass die Linse den Hornhautastigmatismus schwächt und da in unserem Falle die Hauptmeridiane des Auges mit jenen der Cornea zusammenfallen, so folgt weiter, dass auch die Hauptmeridiane der Linse M_l und m_l mit jenen der Hornhaut zusammenfallen (jedoch so, dass M_l mit m_c und m_l mit

M_e in Einer Ebene liegt), sowie dass der Astigmatismus der Linse As_l durch einfache Subtraction des As_c vom As_o bestimmt wird. Es ist also

$$As_l = As_o - As_c = {}^1/_{8\cdot5} - {}^1/_{6\cdot7} = - {}^1/_{31\cdot6}.$$

d. h. es übt die Linse im Auge ausser ihrer sphärischen Wirkung noch die Wirkung eines positiven Cylinderglases aus, dessen Axe mit dem Meridian der stärksten Krümmung der Hornhaut, dessen brechender Meridian mit jenem der schwächsten Krümmung der Hornhaut zusammenfällt. Diese positive Cylinderlinse hat eine Brennweite von 31·6″ auf den Knotenpunkt bezogen, sie kann also vorgestellt werden durch einen positiven Glascylinder von 32·1″ B. W., welcher im Abstande ${}^1/_2$″ von K vor's Auge gesetzt wird. Indem wir die Differenzen in der Lage der Knotenpunkte des Auges, der Linse, sowie des Knotenpunktes des stärkstbrechenden Meridians der Hornhaut unberücksichtigt lassen, begehen wir einen nicht nennenswerthen Fehler, da die überhaupt thatsächlich zu gewinnenden Resultate von solchen Finessen unabhängig sind. Andererseits ist aber die Vernachlässigung des Abstandes des Knotenpunktes von der Hornhaut ein principieller Fehler.

Am linken Auge unseres Andreati ist

$$\varrho = 7\cdot43500,\ r = 7\cdot84975$$

Daher $$As_c = \frac{1}{424\cdot13\ \text{M}^{\text{m}}} = \frac{1}{15\cdot7\ \text{P. Z.}}$$

Es ist $$As_o = {}^1/_{13\cdot5}.$$

Der Astigmatismus des ganzen Auges ist grösser als jener der Hornhaut. Da auch hier die Hauptmeridiane des Auges mit jenen der Cornea zusammenfallen, so entsprechen auch die Hauptmeridiane der Linse den gleichen Richtungen. Es wird gefunden

$$As_l = {}^1/_{13\cdot5} - {}^1/_{15\cdot7} = + {}^1/_{96\cdot3}.$$

Im rechten Auge ist

$$As_o = As_c - As_l = {}^1/_{6\cdot7} - {}^1/_{31\cdot6} = {}^1/_{8\cdot5}.$$

Im linken Auge dagegen ist

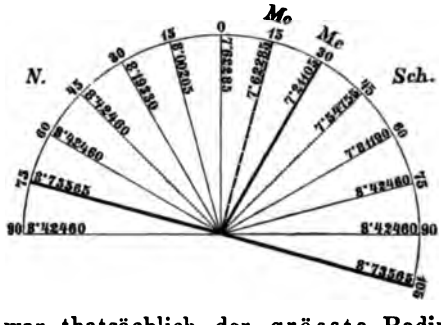
$$As_o = As_c + As_l = {}^1/_{15\cdot7} + {}^1/_{96\cdot3} = {}^1/_{13\cdot5}.$$

Im rechten Auge fallen der stärkstbrechende Meridian des Auges, der stärkstbrechende der Hornhaut und der schwächstbrechende der Linse in Eine um 15° schläfenwärts von der Verticalen abweichenden Ebene zusammen; im linken Auge liegen die stärkstbrechenden Meridiane von Auge, Hornhaut und Linse in Einer Ebene und zwar in der verticalen; im rechten Auge schwächt, im linken vermehrt der Linsenastigmatismus jenen der Hornhaut.

Wir wollen jetzt einen anderen Befund casuistisch kennen lernen. F. Wuppinger, 26 Jahre alt, hat rechts $S\,{}^{10}/_{70}$, links gleichfalls $S\,{}^{10}/_{70}$. Durch sphärische Gläser ist das Sehvermögen nicht nachweislich zu bessern, mit ${}^{1}/_{19}\,c$ steigt S rechts von ${}^{10}/_{70}$ auf ${}^{10}/_{30}$, mit ${}^{1}/_{19\cdot 4}\,c$ links von ${}^{10}/_{70}$ auf ${}^{10}/_{40}$. In der Nähe wird ohne Glas Nr. 3 auf 7", Nr. 1 auf 5", mit den genannten Cylindergläsern Nr. 3 auf 11", Nr. 1 auf $6^1/_2$" gelesen. Combinationen der Cylindergläser mit sphärischen werden für Nähe und Ferne verworfen. Es besteht nach der Gläserprüfung rechts $Ah\,{}^{1}/_{18\cdot 5}$, links $Ah\,{}^{1}/_{18\cdot 9}$, die Meridiane der stärksten Krümmung liegen in beiden Augen vollkommen symmetrisch, mit dem oberen Ende um 15° schläfenwärts von der Verticalen abweichend.

Die Messung der Hornhaut des linken Auges mit der Gesichtslinie als Messungsaxe gibt die in Fig. 94 verzeichneten Resultate. Der Meridian der stärksten Krümmung liegt bei 60° schläfen-, der Meridian der schwächsten Krümmung bei 15° nasenwärts; M_c und m_c, deren Radien um mehr als 1·5 $M^{m.}$ differiren, stehen hier nicht senkrecht auf einander. Das ist nicht etwa ein Messungsfehler, dadurch entstanden, dass die Meridiane nur von 15 zu 15° gemessen wurden. Bei 75° N. war thatsächlich der grösste Radius, er nahm nach beiden Seiten hin ab; bei 15° Sch. war aber nicht der kleinste Radius, sondern es nahm derselbe noch sehr wesentlich bis 30° Sch. ab. Ich will hier bemerken, dass man, wenn es nöthig erscheint, die Messung der Hornhaut auf eine beliebige Anzahl von Meridianen ausdehnen mag, aber aus den direct gefundenen Resultaten lässt sich nichts calculiren, lässt sich nicht der wahre Werth von r und ϱ berechnen, weil überhaupt und namentlich gerade bei höheren Graden von Astigmatismus die Abnahme der Krümmung der Hornhaut von der stärkst- zur schwächstgekrümmten Stelle schläfen- und nasenwärts nicht symmetrisch fortschreitet.

Fig. 94.



Bei dem in Rede stehenden Auge fiel zwar m_c und m_c zusammen, aber M_c wich um 15° von M_c ab. Für die Berechnung des Hornhautastigmatismus kann hier nicht ϱ und r massgebend sein, denn um regulären Astigmatismus zu berechnen, muss man zwei senkrecht auf einander stehende Meridiane berücksichtigen. Da m_c und m_c zusammen-

fallen, so nehmen wir für die Hornhaut als Werth von ϱ den Radius in dem um 90^0 von m_c abweichenden, mit M_o übereinstimmenden Meridiane. Es ist also $\varrho = 7\ 62285$, $r = 8{\cdot}73565$ M^m.

Demnach $As_c = {}^1/_{6{\cdot}82}$.

Da $As_o = {}^1/_{18{\cdot}9}$.

so ist $As_l = {}^1/_{18{\cdot}9} - {}^1/_{6{\cdot}82} = -{}^1/_{10{\cdot}7}$.

Wir können auch hier, um den Werth von As_l zu erlangen, die einfache Subtraction vornehmen, denn für die Betrachtung des durch Cylindergläser corrigirbaren, des regulären Astigmatismus, sind auch in diesem Auge nicht blos m_o und m_c, sondern auch M_o und M_c als zusammenfallend anzusehen.

Das Interesse des Falles liegt aber nicht blos darin, dass M_c und m_c in eclatanter Weise vom rechtwinkligen Kreuze abweichen und dass der Astigmatismus der Hornhaut zum grösseren Theile durch jenen der Linse corrigirt wird, sondern darin, dass das Letztere — nicht richtig ist, in dem Sinne, wenn wir den Bau der Linse als Ursache der Correctur von As_c ansehen wollten.

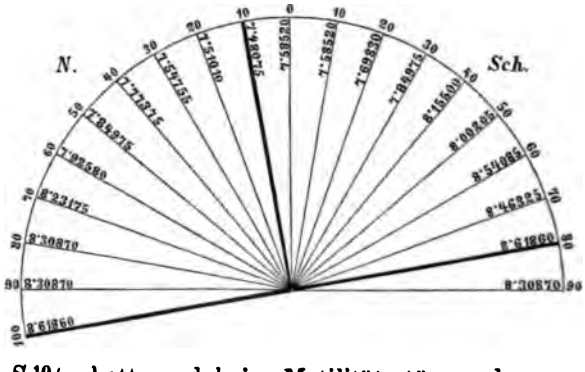
Wenn wir nämlich die Augen des Wuppinger mit dem Augenspiegel untersuchen, so constatiren wir ansehnliche Hypermetropie und hochgradigen Astigmatismus; wenn wir uns auch in eine genauere objective Bestimmung des letzteren nicht einlassen wollen, so ist doch sicher, dass der wirkliche Astigmatismus das Doppelte des Gläserastigmatismus beträgt. Nur ein kleiner Theil des Hornhautastigmatismus, etwa $As\ {}^1/_{30}$, wird durch die Linse vermöge ihres Baues, ein viel grösserer, etwa $As\ {}^1/_{17}$, durch ungleichmässige Contraction des Accommodationsmuskels corrigirt. Der Umstand, dass die Augen mit $S\ {}^{10}/_{70}$ noch Nr. 1 in 5″ lesen, deutet darauf hin, dass bei starker Convergenz und Accommodation der Astigmatismus des Auges besser corrigirt wird, als mit parallelen Gesichtslinien. Die Hypermetropie ist latent — eine Erscheinung die bei $H + Ah$ in ganz auffallender Weise in einem Alter noch häufig hervortritt, in welchem Hypermetropie desselben Grades ohne Astigmatismus lange nicht mehr vollständig latent ist.

Also für Correction des Hornhautastigmatismus durch Accommodation und für ganz asymmetrische Hornhautkrümmung dient uns dieser 2. Fall als Paradigma. Ja, könnte man in Betreff des letzteren Punktes einwerfen, wir haben bei den Messungen die Gesichtslinie, nicht die Hornhautaxe als Axe angenommen. Darauf antworte ich: Wenn der sogenannte Scheitel der Hornhaut nur wenig von der Gesichtslinie abweicht, dann wird man keine essentiell verschiedenen

Resultate bekommen, ob die gemessenen Meridiane durch die Gesichtslinie oder durch die Hornhautaxe gehen, — nicht als ob man identische Zahlen erhalten würde, aber wenn man gewissenhaft sein will, darf man aus diesen so wenig differenten Zahlen keinen Schluss ziehen, denn die Zahlen differiren selbst dann, wenn man die Messungen in demselben Meridiane wiederholt. Ist dagegen der Hornhautscheitel sehr excentrisch gelegen, dann hat die Messung der durch denselben gehenden Meridiane für den vorliegenden Zweck keinen rechten Sinn.

Eine Messung durch die Hornhautaxe sei uns durch folgenden Fall vorgestellt: Der 58jährige Georg Preins kommt mit operirbarer Cataracta des rechten, beginnender Cataracta des linken Auges. Da, um den Einfluss der Operation auf die Krümmung der Hornhaut kennen zu lernen, die Hornhaut der Cataractösen, wenn möglich, vor der Operation opthalmometrisch gemessen wird, so geschah es auch in diesem Falle, in welchem sich aber das Vorhandensein hochgradiger Hornhautasymmetrie bald heraustellte — ein Befund, der sich mir, wie ich nebenbei bemerken will, äusserst selten bei der Messung von Staarkranken darbot. Da der Meridian der stärksten Krümmung nahezu vertical war, durch die Graefe'sche Operation der verticale Meridian schwächer, der horizontale stärker brechend gemacht wird, so war eine genaue Messung der Hornhäute interessant, um zu sehen, ob in einem solchen Falle der Astigmatismus durch die Operation corrigirt wird. Da das linke

Fig. 95.



Auge noch $S\ ^{10}/_{50}$ hatte und keine Motilitätsstörung da war, so konnte am rechten zu operirenden Auge noch verticaler und horizontaler Hornhautmeridian gemessen werden, während anderseits eine möglichst sorgfältige Messung der Hornhaut des linken Auges vorgenommen wurde, um sichere Anhaltspunkte für die Wirkung einer späteren Operation zu haben. Fig. 95 gibt die Resultate der Messung des durch den Horn-

hautscheitel gehenden Meridians des linken Auges. Der Hornhautscheitel wurde so bestimmt [1]), dass zunächst die Krümmung der Meridiane von 10 zu 10° Graden durch die Gesichtslinie gemessen wurde. Meridian 80° Sch. war der schwächstgekrümmte. In diesem wurde Winkel α bestimmt $= + 6^0\ 44'\ 26''$ ($\gamma = + 5^0$). Indem man dem Auge einen entsprechenden Fixationspunkt anwies, spiegelte der Scheitel des schwächstbrechenden Meridians. Es wurde die Krümmung im Scheitel s dieses Meridians, hierauf die des 90° davon abweichenden (10° N.) in s und 15° nach oben und unten davon gemessen. In diesem Meridiane war $\alpha = 0^0$ ($\gamma = + 3^0$), d. h. s fiel mit s', dem Scheitel der Hornhaut zusammen, vorausgesetzt, dass ein Scheitel bestand, Meridian 80° N. wirklich der stärkstgekrümmte war. Er war es, wie die dann von 10 zu 10° durch S geführten Meridianmessungen ergaben. Wir sehen, dass

$$\varrho = 7{\cdot}48075,\ r = 8{\cdot}61860,$$

$$As_c = {}^1/_{6{\cdot}46}.$$

Am linken Auge liessen sich noch Gläserproben machen. In den Daten finde ich, dass $^1/_9\ c$, Axe mit dem oberen Ende um 10° schläfenwärts von der Verticalen abweichend, das bestcorrigirende Glas war. S stieg mit diesem Glase auf $^{10}/_{30}$. Die von einander ganz unabhängigen Gläser- und Ophthalmometerproben ergaben wieder ein vollkommenes Zusammenfallen der Hauptmeridiane der Cornea und des Auges, sowie eine Wirkung der Crystalllinse, entsprechend jener, welche sie im rechten Auge des Andreati ausübt.

Ich sagte, dass bei Messungen durch den Hornhautscheitel regelmässigere Krümmungsverhältnisse der Hornhaut nicht hervortreten. In unserem Auge zeigt sich beim Uebergange von M_c zu m_c schläfenwärts zweimal ein Rückfall zu stärkerer Krümmung, während dieses Verhalten sonderbarer Weise bei den Messungen durch die Gesichtslinie nicht constatirt wurde.

Ein anderes, als das bisher geschilderte Verhalten zeigen die Augen des 55jährigen Herrn Josef T. Rechts ist ohne Glas $S\ ^{20}/_{200}$, links $^{20}/_{100}$. Durch $-\ ^1/_{18}\ s$ steigt S rechts auf $^{20}/_{50}$; links ist durch sphärische Gläser keine Verbesserung zu erzielen. Der Augenspiegel zeigt im linken Auge zunächst höhergradigen Astigmatismus, Papille im aufrechten Bilde in verticaler Richtung verlängert. Im rechten Auge sind auch Zeichen von Astigmatismus vorhanden, indem sich nicht verkennen lässt, dass die Papille in horizontaler Richtung in Folge von Astigmatismus ausgezogen erscheint. Die auf Grund des oph-

[1]) S. pag. 622.

thalmoscopischen Befundes vorgenommene Gläserprüfung ergibt links $Am\ {}^1/_{11\cdot3}$, mit $-\ {}^1/_{10\cdot8}\ c$, Axe horizontal, steigt S von ${}^{20}/_{100}$ auf ${}^{20}/_{30}$; rechts besteht $M\ {}^1/_{18} + Am\ {}^1/_{39\cdot5}$, mit $-\ {}^1/_{18}\ s \bigcirc -\ {}^1/_{39}\ c$, Axe des Cylinders vertical hebt sich S von ${}^{20}/_{50}$ auf ${}^{20}/_{40}$. Bemerkenswerth ist, dass die Sehschärfe des nie verwendeten linken Auges höher ist als die des rechten, dessen S nicht etwa durch eine Erkrankung momentan herabgesetzt war. Uebereinstimmend mit der Richtung der Hauptmeridiane des Auges zeigt die Hornhaut am linken Auge im verticalen, am rechten im horizontalen Meridian die stärkste Krümmung. Links ist

$$\varrho = 7\cdot02570 \quad r = 7\cdot36015$$
$$As_c = {}^1/_{17\cdot15},$$

während $As_o = {}^1/_{11\cdot3}$.

Rechts ist $\varrho = 7\cdot06265 \quad r = 7\cdot13685$

$$As_c = {}^1/_{74\cdot5},$$

gegen $As_o = {}^1/_{39\cdot5}$.

In beiden Augen ist As_c kleiner als As_o, in beiden Augen also vermehrt die Linse den Astigmatismus der Hornhaut, und da M_c und M_o beiderseits zusammenfallen, so fällt auch noch M_l in dieselbe Ebene. Im linken Auge liegen die stärkstgekrümmten Meridiane von Auge, Hornhaut und Linse in der verticalen, im rechten in der horizontalen Ebene.

Es ist unter den gewählten Beispielen das erste Mal, dass M_o und M_c der Horizontalen entsprechen und zwar in einem Auge mit geringem Astigmatismus, $As\ {}^1/_{39}$. Ich ergreife die Gelegenheit, um darauf hinzuweisen, dass die künstliche Trennung des Astigmatismus in normalen und abnormen oder pathologischen in dem Sinne, wie sie noch vielfach üblich ist, nicht gerechtfertigt erscheint. Es verhält sich in dieser Hinsicht, wie mit der Ametropie. Wirkliche Emmetropie ist ein seltenes Vorkommniss, wenn man die geringsten Grade der Ametropie, namentlich jene der Hypermetropie, nicht in das klinische Bild der Emmetropie einbezieht. Ebenso verhält es sich mit dem Astigmatismus. Es gibt Augen — und in jedem Falle mehr als man gewöhnlich glaubt — welche keinerlei Erscheinungen des regulären Astigmatismus darbieten. In die Kategorie dieser von Astigmatismus freien Augen sind für die klinische Betrachtung auch jene zu zählen, deren Astigmatismus so gering ist, dass dessen Correction unter gewöhnlichen Umständen nicht nothwendig erscheint, ohne dass damit gesagt sein soll, dass nicht durch Correction dieser geringsten Grade die Sehschärfe steigen würde, wie ja die Correction der geringsten Grade von Myopie und bei man-

gelnder Accommodation auch der Hypermetropie, zur Hebung der Sehschärfe für bestimmte Abstände führen wird. Aber ebensowenig als wir die Ametropie, Myopie und Hypermetropie ihrem Grade nach in normale und abnorme oder pathologische unterscheiden, ebensowenig ist es gerechtfertigt, den Refractionsfehler (Astigmatismus) in normalen und abnormen (pathologischen) zu trennen. Sowie wir die Grade der Ametropie je nach dem dieselben repräsentirenden Linsenwerthe mit den im gewöhnlichen Sprachgebrauche vorkommenden Ausdrücken: „sehr gering, gering, höher, hoch und höchst" ungefähr kennzeichnen, so soll es auch beim Astigmatismus der Fall sein.

Unter den angeführten 8 Augen war 7mal der verticale Meridian oder ein dem verticalen nahegelegener der Meridian der stärksten Krümmung für das Auge, und nur einmal hatte der stärkstgekrümmte Meridian die horizontale Richtung. Es fragt sich, wie sich im Allgemeinen die Richtung des Meridians der stärksten Krümmung des Auges verhält. Knapp und Donders fanden bei ihren Untersuchungen, dass er grösstentheils in die mehr verticale Richtung falle; Donders gibt an, dass diese Regel zwar bei normalem (geringem) Astigmatismus häufig genug Ausnahmen habe, aber fast keine bei abnormem (höhergradigem). Nagel ist der Ansicht, dass die Regel von Donders sich auf hypermetropischen Astigmatismus beziehe, während bei myopischem Astigmatismus der stärkstbrechende Meridian gewöhnlich eine ungefähr horizontale Lage habe. Diesen Unterschied in Betreff des *Ah* und *Am* bestreitet Javal entschieden, aber ebenso läugnet er die Angabe von Donders. Der Meridian der stärksten Krümmung nähert sich ebenso oft der Verticalen als der Horizontalen, nur den Diagonalrichtungen (von 45°) nähert er sich seltener. Dass so häufig der ordinäre reguläre Astigmatismus, d. i. jener mit verticalem Krümmungsmaximum, zur Beobachtung komme, habe nur darin seinen Grund, weil der extraordinäre Astigmatismus (mit horizontalem Krümmungsmaximum) das Sehen viel weniger beeinträchtige, daher derartige Astigmatiker nur selten beim Augenarzte Hilfe suchen. Snellen endlich hat eine Statistik von 472 astigmatischen Augen von 278 Individuen zusammengestellt. Es geht aus derselben hervor, dass in 50% der Fälle der verticale, nur in 9% der horizontale und in den übrigen ein anderer Meridian ohne besondere Prädilection der stärkstgekrümmte war, dass myopischer und hypermetropischer Astigmatismus sich in dieser Hinsicht nicht wesentlich verschieden verhält, und dass auch der Grad des Astigmatismus keinen wesentlichen Einfluss ausübt. Mit diesen Erfahrungen Snellen's stimmen auch die meinigen überein. Es gilt nur noch

Javal's Einwand zu entkräften. Gesetzt es würde, was aber durchaus nicht zugegeben werden kann, wirklich der extraordinäre Astigmatismus das Sehvermögen nicht beeinträchtigen, so könnte dessen häufiges Vorkommen doch nicht entgehen, weil bei den zahllosen Augenspiegeluntersuchungen die querovale Form der Papille im aufrechten Bilde sofort auffallen müsste. Eine querovale Papille gehört aber überhaupt in Augen mit unverletzter Cornea zu den grössten Seltenheiten, und wenn sie da ist, dann ist auch störender Astigmatismus zu constatiren. Ich will bemerken, dass die Staaroperirten, wenn sie an Astigmatismus leiden, an dieser Form des Astigmatismus leiden, trotzdem haben sie die Correction desselben zur Verbesserung der Sehschärfe sehr nöthig.

Was die Richtung der Hauptmeridiane in den beiden Augen desselben Individuums anlangt, so haben wir unsere Paradigmen so gewählt, dass sie uns die verschiedenen Fälle veranschaulichen. Die Hauptmeridiane an beiden Augen können zunächst eine vollkommen symmetrische Lage haben, so dass M_o in beiden Augen vertical steht oder in beiden Augen genau um die gleiche Anzahl von Graden schläfen- oder nasenwärts abweicht (Fall Wuppinger). Oder es besteht zwar eine Uebereinstimmung in der Richtung des stärkstbrechenden Meridians, indem derselbe an beiden Augen z. B. sich viel mehr der Verticalen als der Horizontalen nähert, aber — es ist dies der häufigste Fall — nicht um die gleiche Anzahl von Graden von der Verticalen abweicht, oder auch an einem Auge genau vertical, am anderen um eine bestimmte Gradenzahl davon abweichend sich findet (Fall Andreati). Ein seltener Ausnahmsfall ist der des Herrn T. Hier stehen die Meridiane stärkster Krümmung beider Augen senkrecht auf einander.

Die Richtung des Krümmungsmaximums des Auges ist fast in allen Fällen auch massgebend für die Richtung des stärkstbrechenden Meridians der Cornea, wobei wie die vorgeführten Fälle zeigen, der stärkstgekrümmte Meridian der Hornhaut mit jenem des Auges genau zusammenfällt — oder zwar von ihm um eine Anzahl von Graden abweicht, aber doch die Gesammtrichtung (d. h. eine der verticalen oder horizontalen nähere) wie M_o verfolgt. Eine extreme Seltenheit ist es, dass bei nicht erworbenem Astigmatismus der Astigmatismus der Cornea durch den entgegengesetzten der Linse nicht blos verringert oder compensirt, sondern übercorrigirt wird, so dass M_o auf M_r senkrecht steht.

Da die Linse, wie die Beispiele lehren, den Astigmatismus des Auges bald vermehrt bald vermindert, so folgt, dass ihr Meridian

der stärksten Krümmung bald der Verticalen, bald der Horizontalen sich nähert. Es ist nicht allgemein richtig, dass, wie Donders fand, bei „abnormem" Astigmatismus die Linse fast immer den Astigmatismus der Cornea vermindert, dass ihr Krümmungsmaximum fast immer in horizontaler Richtung sich findet, eine Angabe, die auch mit Knapp's Befunden nicht übereinstimmt. Es müsste erst noch eine viel grössere Zahl von Messungen vorgenommen werden, um darüber ein endgiltiges Urtheil zu fällen, welches von beiden Vorkommnissen das häufigere ist. Die Linse wirkt entweder an beiden Augen im gleichen Sinne, oder sie vermehrt den Astigmatismus an dem einen, vermindert ihn an dem anderen Auge (Fall Andreati) oder verwandelt ihn sogar an einem Auge in einen solchen mit entgegengesetztem Krümmungsmaximum (Knapp). Der Linsen-Astigmatismus kann begründet sein in verschiedener Krümmung der Meridiane oder in Schiefstellung der Linse — eine Drehung um ihre verticale Axe würde den horizontalen Meridian stärker brechend machen. Es ist wahrscheinlich, dass beide Zustände vorkommen. Genauere Messungen liegen nicht vor. Woinow spricht von einer Vorrichtung, welche zur Bestimmung der Krümmung der Linsenflächen in verschiedenen Meridianen behilflich sein soll, vermeldet aber keine Resultate. Strawbridge berichtet über die Messung zweier Augen, in welchen direct gefunden wurde, dass im verticalen Meridian die Hornhaut, im horizontalen vordere und hintere Fläche der Linse stärker gekrümmt war. Damit wäre die eine Art des Linsenastigmatismus (bei mangelnden pathologischen Veränderungen des Linsensystems) direct erwiesen.

Was den Höhengrad anlangt, den der angeborne Astigmatismus erreicht, so ist derselbe im Allgemeinen nicht sehr bedeutend. *As* $^1/_8$ oder $^1/_7$ muss schon als eine Rarität bezeichnet werden. Von Javal findet sich ein Auge verzeichnet, in welchem — $^1/_3$ *c* ⊃ $^1/_{16}$ *s* das Correctionsglas war. Es kommt sehr häufig vor, dass der Grad von *As* an beiden Augen wesentlich verschieden ist.

Was die Aenderung des Grades des Astigmatismus in demselben Auge betrifft, so wäre es nicht unmöglich, dass dieser Grad während der Entwicklungsperiode der Menschen in Folge des Wachsthums der Cornea und der Linse sich ändert, wie auch vielleicht in späterer Zeit, da im Alter Veränderungen in der Linse sich entwickeln. Ebenso wird bei progressiver Myopie, die den Bau der Hornhaut beeinflusst, der Astigmatismus vielleicht Aenderungen erfahren. Doch die gar nicht seltene Klage der Astigmatiker, dass sie zwar immer schlecht gesehen, ihr Sehvermögen aber in letzterer Zeit so abgenommen habe, dass sie

desshalb die ärztliche Hilfe in Anspruch nehmen — diese Klage dürfte ihren Grund darin haben, dass mit Abnahme der Wirkung des Accommodationsmuskels, bedingt durch das Consistenterwerden der Linse, die theilweise Correction des Astigmatismus durch Accommodation nicht mehr oder nicht mehr so wie früher gelingt. Das ist auch die Zeit, in welcher die asthenopischen Beschwerden hervortreten. Die wegen Nachlassens der ungleichmässigen Accommodation verringerte Sehschärfe erfordert grössere Annäherung der Objecte, daher stärkere (gleichmässige) Accommodation, die aber ja wegen Abnahme von $\frac{1}{A}$ nicht geleistet werden kann, der circulus vitiosus liegt zu Tage. Diese nöthigwerdende starke Annäherung der Objecte kann auch vielleicht eine zu grosse Anforderung an die Interni stellen, die asthenopischen Erscheinungen können also auch vielleicht in relativer Insufficienz der Interni zum Theile begründet sein. Aber unrichtig ist es, wenn man glaubt, dass bei Astigmatismus absolute Insufficienz der Interni häufig vorkommt. Ich habe nie bei einem Astigmatiker, dessen Sehschärfe durch Cylindergläser so zu heben war, dass die übliche Arbeitsweite eingehalten werden konnte, Erscheinungen von musculärer Asthenopie beobachtet. Wenn also Astigmatiker zu Ende der zwanziger oder Anfangs der dreissiger Jahre über Abnahme der Sehschärfe und asthenopische Beschwerden klagen, so wird man an die eben besprochene Ursache denken.

Hinsichtlich der Häufigkeit der einzelnen Formen des Astigmatismus ist sicher, dass gemischter Astigmatismus eine Seltenheit ist. Einen Fall, in welchem die entgegengesetzte Refraction der beiden Hauptmeridiane numerisch gleiche oder nahezu gleiche Werthe gehabt hätte, habe ich überhaupt nicht beobachtet. Myopischer und hypermetropischer Astigmatismus dürften gleich häufig vorkommen, wenn man den Angaben Javal's und Snellen's, die über ein grösseres Beobachtungsmaterial berichten, Rechnung trägt. Ich für meine Person habe allerdings hypermetropischen Astigmatismus häufiger beobachtet — es stimmt dies mit den ursprünglichen Angaben von Donders überein.

Wenn wir uns der Frage zuwenden, ob im Meridiane der stärksten oder schwächsten Krümmung die eigentliche Krümmungsanomalie liegt, so müssen wir unter den brechenden Medien die Linse gegenwärtig aus dem Spiele lassen, denn über deren Verhalten wissen wir nichts. Was die Hornhaut anlangt, so gibt Donders an, dass es der schwächstbrechende Meridian ist, welcher die anomale Krümmung zeigt, während im Meridian der stärksten Krümmung ungefähr dieselben

Werthe wie in symmetrischen Augen hervortreten. Die Angabe in dieser Form ist nicht zutreffend, wiewohl Donders bei den von ihm gemessenen Augen ein derartiges Resultat finden musste. Es waren dies nämlich fast durchgehends Augen mit hypermetropischem Astigmatismus. Thatsächlich gestaltet sich die Sache so, dass indem wir von den Anomalien der Axenlänge des Auges absehen, der emmetropische Meridian derjenige ist, welcher von der Norm nicht abweicht, so dass der schwächstbrechende Meridian der Cornea bei hypermetropischem Astigmatismus einen abnorm grossen Radius hat, während dies bei myopischem Astigmatismus nicht der Fall ist. Also z. B. Hypermetropischer Astigmatismus:

Andreati	*R. A. r* = 8·11660	*L. A. r* = 7·84975
Wuppinger	= 8·46325	= 8·73565
Preins	= 8·42460	= 8·61860 (im Scheitel)
Narr	= 8·19330	= 8·07835
Kunater	= 8·27025	= 8·30870
Ausserhofer	= 8·11660	= 8·19330

Diese Fälle zeigen nicht blos die grossen Werthe von *r* bei *Ah*, sondern durchgehends zeigt der grössere Radius auch an, an welchem Auge der grössere Cornealastigmatismus vorhanden war. Einzelne Werthe von *r* übersteigen die Maxima, wie sie an nicht astigmatischen Augen gefunden wurden, denn für diese ist der grösste Werth von *r*, den ich fand = 8·34705.

Bei myopischem Astigmatismus habe ich für den schwächstbrechenden Meridian derartige grosse Werthe von *r* nicht gefunden. Es fällt der Unterschied zwischen *Ah* und *Am* sofort in die Augen, wenn wir den früher genau betrachteten Fällen von *Ah* den anschliessenden Fall von *Am* (des Herrn T.) gegenüber stellen. Da ist im Meridian der schwächsten Krümmung im Auge mit $M + Am$ *r* = 7·13685, im 2. Auge mit $Am\ ^1/_{11·3}$ im emmetropischen Meridiane *r* = 7·36025, während der stärkstbrechende Hornhautmeridian dieses letzteren Auges den absolut kleinen Radius von 7 M^m· zeigt. Ich habe mit *Am* behaftete Augen mit so hohem Hornhautastigmatismus, wie bei *Ah* nicht untersucht. Ich dürfte mich aber nicht täuschen, wenn ich annehme, dass bei hochgradigem *Am* der stärkstbrechende Meridian kleinere Radien aufweise, als sie bei nicht astigmatischen Augen vorkommen. Ich will übrigens noch bemerken, dass ich die Krümmung des Horizontalmeridians der Hornhaut in der Gesichtslinie und 20° davon nach innen und nach aussen vielfach gemessen habe. Anomales zeigte dieser Meridian

wieder nur bei hypermetropischem Astigmatismus. Abgesehen davon, dass Winkel α immer relativ grosse positive Werthe, die aber einen solchen von 10^0 nicht überstiegen, aufwies, traten häufig an der schwächstgekrümmten der 3 Messungsstellen, also an den 20^0 nach innen von der Gesichtslinie gelegenen ganz colossale Radien auf. In den Augen des Wuppinger fand ich da die allergrössten, rechts $r_1 = 10{\cdot}3$ M^m., links $r_1 = 12{\cdot}4$ M^m. Besteht nur in Einem Auge Astigmatismus, dann fällt auch der Unterschied in der Krümmung der Hornhaut sofort auf. Herr R. hat rechts einfache Myopie $^1/_{40}$, mit $-\,^1/_{40}\ S\,^{20}/_{30}$; links ist $S\,^{10}/_{70}$, mit $+\,^1/_{18}\ c$, Axe mit dem oberen Ende um 25^0 nach aussen von der Verticalen geneigt, steigt S auf $^{10}/_{30}$, das Auge hat also $Ah\,^1/_{18}$. Für den horizontalen Meridian des rechten Auges ist $r = 7{\cdot}88_{775}$, r_1 (innen) $= 8{\cdot}11_{660}$, $r_2 = 7{\cdot}96_{390}$. Im linken Auge ist $r = 8{\cdot}07_{835}$, r_1 (innen) $= 8{\cdot}65_{755}$, $r_2 = 8{\cdot}15_{500}$.

Was die Aetiologie des nicht erworbenen Astigmatismus anlangt, so ist zu bemerken, dass Donders und Javal auf die Erblichkeit der Anomalie hingewiesen haben. Wie bei Hypermetropie kommt es auch bei Astigmatismus vor, dass mehrere Geschwister daran leiden, während die Eltern davon frei sind. Dass nicht blos der Astigmatismus als solcher, sondern auch die Form desselben sich vererben könne, zeigt Javal an einer 16gliedrigen Familie, in welcher der extraordinäre Astigmatismus herrscht. Auch die Schädelformation steht nach Donders und Javal mit dem Astigmatismus des Auges in Verbindung. v. Wecker ist mit Javal der Ansicht, dass das Auge in derselben Richtung wie der Schädel abgeplattet ist, sowie dass für die Form der Schriftzüge bei den verschiedenen Völkerschaften der alten und neuen Zeit die Art des Astigmatismus ihrer Augen und daher in letzter Linie der Schädelbau massgebend war, so dass man vielleicht aus der Gestaltung der ältesten Inschriften einen Schluss auf die Gestaltung der Schädel Derjenigen, welche diese Inschriften eingegraben, einen Schluss ziehen könnte. Doch muss betont werden, dass ich bei Astigmatismus, auch bei einseitigem, gewöhnlich keine Schädelverbildung fand.

Ausser diesen allgemeinen Bildungs- und Vererbungsgesetzen wurden für den Astigmatismus auch locale Ursachen in Betracht gezogen. So meint Snellen, dass es auf der Hand liege, als Ursache für das so häufige Vorkommen der stärksten Krümmung im verticalen Meridiane an den Liddruck zu denken, während andererseits bei schwacher Entwicklung der Recti sup. et inf. die Recti ext. et intern. durch Druck auf das Auge, in specie auf die Cornea die entgegengesetzte Astigmatismusform hervorbringen könnten. Es ist in dieser Hin-

sicht einerseits zu bemerken, dass ja gerade die Utrechter Schule das Krümmungsmaximum der Linse fast durchgehends in horizontaler Richtung fand und da gerade bei hohem Hornhautastigmatismus sich hoher Linsenastigmatismus mit entgegengesetzter Richtung der beiden Hauptmeridiane findet, so kann man nicht den Astigmatismus des ganzen Auges durch Druck auf die Hornhaut von Seite der Lider ableiten. Andererseits müsste die Einwirkung der Augenmuskeln auf die Form der Cornea besonders bei Strabismus, namentlich bei hypermetropischem Strabismus convergens, bei welchem sich das Auge zwischen Rectus internus und externus gleichsam in einer Art Presse befindet, deutlich hervortreten. Snellen hat natürlich ganz recht, wenn er sagt, dass dadurch extraordinärer Astigmatismus zu Stande kömmen würde, denn es ist klar, dass ein solcher Muskeldruck dem horizontalen Hornhautmeridian die stärkere Krümmung verleihen müsste. Auch wäre es interessant zu constatiren, ob nach der Strabotomie die Krümmung der Hornhaut sich ändert. Nun hat aber Javal [1]) gefunden, dass bei Strabismus convergens ganz allgemein der verticale Meridian des Auges der stärkstbrechende ist, hat aber versäumt daraus den Schluss zu ziehen, dass angesichts dieser Thatsache der Strabismus nicht Schuld des Astigmatismus sein könne. Knapp hatte schon früher [2]) geprüft, ob die Strabotomie die Hornhautkrümmung ändere und sich überzeugt, dass dies nicht der Fall sei, während Dor (nach einer Angabe Javal's an der eben citirten Stelle) eine Aenderung des Astigmatismus nach Strabotomie beobachtet haben will, und Noyes neuerlich [3]) einen sonderbaren Fall beschreibt, in welchem im Verlaufe von $6^1/_2$ Jahren durch wiederholte Tenotomie des Internus nicht blos $As\,^1/_{48}$ auf $^1/_{12}$ stieg, sondern auch die Richtung der Hauptmeridiane sich änderte. Ich kann aus eigener Erfahrung zur Entscheidung der letzteren Frage für den Augenblick nichts beitragen, doch möchte ich glauben, dass in Fällen, wie der von Noyes einer ist, die Aenderung in den Accommodationsverhältnissen des Auges mitspielen dürfte.

Das astigmatische Auge ist ein in toto unvollkommen entwickeltes. In Augen mit höherem Astigmatismus fungirt die centrale Partie der Netzhaut in der Regel nicht normal und gilt dies besonders vom hypermetropischen Astigmatismus, wohlgemerkt auch vom einfachen hypermetropischen Astigmatismus. Es ist gar nichts

[1]) Wecker Études ophthalmologiques 1866 II. pag. 834.
[2]) v. Graefe's Archiv VIII. 2. 1862. pag. 227.
[3]) Transactions of the Amer. ophthalm. soc. 1874. pag. 128.

seltenes, dass man in diesen Fällen nach bester Correction die Sehschärfe nicht höher als bis $^{10}/_{20}$, ja nicht einmal bis zu dieser Höhe steigen sieht. Das ist durchaus nicht blos auf die unvollkommene Correction des Refractionsfehlers zu schieben, wiewohl die nicht selten ganz regellose Asymmetrie der zwischen den Hauptmeridianen gelegenen Meridiane, sowie der Umstand nicht zu übersehen ist, dass Cylindergläser, indem sie in einem bestimmten Abstande vom Knotenpunkte stehen, im wirksamen Meridiane verkleinernd oder vergrössernd wirken, daher mit ihrer Hilfe niemals ein dem Objecte genau entsprechendes Bild auf der Netzhaut erzeugt wird. Die periphere Partie der Netzhaut funcionirt, soweit sich dies durch die Ausdehnung des peripheren Gesichtsfeldes kundgibt, normal. Eine Einengung des Gesichtsfeldes wurde von uns auch bei hochgradigem Astigmatismus nicht gefunden.

Was die Verordnung der Cylindergläser betrifft, so ist zu unterscheiden zwischen den Gläsern für die Ferne und jenen für die Nähe. Beim einfachen Astigmatismus kann man ohne weiters für die Ferne die Gläser geben, welche das Auge emmetropisch machen. Würde es, wie Dobrowolsky angibt, vorkommen, dass der Astigmatismus durch ungleichmässige Contraction des Ciliarmuskels nicht blos vermindert, sondern mitunter auch vermehrt werde, dann wäre in diesen letzteren Fällen das neutralisirende Glas nicht angezeigt, doch habe ich etwas Derartiges nicht beobachtet. Ebensowenig steht dem Emmetropischmachen der Augen bei gemischtem Astigmatismus für das Fernsehen etwas im Wege. Beim zusammengesetzten Astigmatismus kann man auch ohne Bedenken den Astigmatismus corrigiren, für die mit den Cylindern combinirten sphärischen Gläser gelten die allgemeinen, für Myopie und Hypermetropie aufgestellten Regeln. Beim Sehen in die Nähe kann es fraglich werden, ob es vortheilhaft erscheint, die Augen in den status emmetropicus zu versetzen. Bei hypermetropischem Astigmatismus wird man allerdings immer den Astigmatismus durch einen Convexcylinder corrigiren und nach allgemeinen Regeln entscheiden, ob man für das Nahesehen das Cylinderglas mit einem convexen sphärischen Glase combiniren solle oder nicht. Beim myopischen Astigmatismus ist jedoch folgende Erwägung angezeigt. Besteht einfacher myopischer Astigmatismus mässigen Grades z. B. *Am* $^1/_{18}$, so wird derselbe für die Ferne durch — $^1/_{18}$ *c* corrigirt, denn dieses Glas macht das Auge emmetropisch. Für die Nähe jedoch könnte man einen Convexcylinder $^1/_{18}$, (Axe mit dem myopischen Meridian zusammenfallend) anwenden, denn dann wäre der Astigmatismus auch corrigirt, nur wäre das Auge nicht emmetropisch, sondern hätte *M* $^1/_{18}$,

brauchte also zum Nahesehen keine oder nur geringe Accommodation aufzuwenden. Die Erfahrung zeigt aber, dass solche Astigmatiker gewöhnlich den concaven Cylindern auch für das Nahesehen den allerentschiedensten Vorzug vor den convexen geben. Das kommt daher, weil sie auch beim Sehen für die Nähe zu accommodiren gewohnt sind. Wir wissen freilich jetzt, dass Astigmatiker durchaus nicht bestrebt sind, den Kreis der Brennstrecke auf die Netzhaut fallen zu machen und dass daher Augen mit $Am\ ^1/_{14}$ relativ gut in die Ferne und in die Nähe ohne Accommodation sehen könnten. Es fiele dann beim Sehen in die Ferne die hintere Brennlinie, beim Sehen in einem Abstand von 14" die vordere Brennlinie auf die Netzhaut. Astigmatiker scheinen es aber vorzuziehen, stets dieselbe Brennlinie auf der Netzhaut zu erhalten, wesshalb einfachmyopische Astigmatiker beim Nahesehen accommodiren und daher gewöhnlich den Convexcylinder verwerfen, der in einem solchen Falle ebensowenig angezeigt ist, als wenn wir einem Emmetropen mit normaler Accommodation Convexgläser zum Sehen in die Nähe geben würden. Ist bei *Am* im stärkstbrechenden Meridian ein höherer Grad von Myopie, dann würde theoretisch ein Bicylinder für die Nähe verwendet werden können. Bei $Am\ ^1/_7$ würde man durch $^1/_{14}\ c\ \sqsubset - ^1/_{14}\ c$ den Astigmatismus beseitigen und den Fernpunkt nach 14 Zoll setzen, allein aus dem letztgenannten Grunde wird das für die Ferne corrigirende Glas $-\ ^1/_7\ c$ auch für die Nähe vorgezogen werden. Bei zusammengesetztem myopischem Astigmatismus lassen sich wieder allerhand Correctionen für das Nahesehen ersinnen. Ist die Myopie gering, besteht z. B. $M\ ^1/_{30} + Am\ ^1/_{15}$, so wird bei diesem Werthe von As ein Bicylinder $^1/_{30}\ c \sqsubset - ^1/_{30}\ c\ M\ ^1/_{30} + Am\ ^1/_{15}$ im $M\ ^1/_{15}$ verwandeln; bei etwas höherer Myopie: $M\ ^1/_{15} + Am\ ^1/_{15}$, wird ein einfacher Concavcylinder $^1/_{15}$ dieselbe Wirkung erreichen; bei noch höherer Myopie wird die Combination eines sphärischen Concavglases mit einem Concavcylinder zu diesem Zwecke herbeigezogen werden müssen, also für $M\ ^1/_{7\cdot5} + Am\ ^1/_{15}$ ein sphärisch cylindrisches Glas $-\ ^1/_{15}\ s \supset -\ ^1/_{15}\ c$. Es lässt sich die Sache noch variiren. Bei geringem Astigmatismus und geringer Myopie werden einfache oder combinirte Convexcylinder zum theoretischen Ziele führen. Bei $M\ ^1/_{30} + Am\ ^1/_{30}$ wird ein einfacher Convexcylinder $^1/_{30}$, bei $M\ ^1/_{60} + Am\ ^1/_{40}$ die Combination eines sphärischen Convexglases mit einem Convexcylinder und zwar $^1/_{40}\ s \supset ^1/_{40}\ c$ die von einem 15" entfernten Punkte in den verschiedenen Meridianen ausfahrenden Strahlen in Einem Punkte der Netzhaut vereinigen. Man ersieht aus dieser theoretischen *Spielerei*, dass bei zusammengesetzem myopi-

schem Astigmatismus alle erdenklichen Cylindercombinationen, einfache positive und negative Cylinder, zusammengesetzte negative oder positive sphärisch-cylindrische Gläser und endlich Bicylinder (statt dieser natürlich auch heterologe sphärisch-cylindrische Gläser) den Fernpunkt auf die Distanz der Nahearbeit bringen können. In der Praxis wird man sich aber an andere Principien halten. So wenig als es Jemand einfallen wird, bei einfacher Myopie $^1/_{60}$ oder $^1/_{30}$ Convexgläser für die Nähe zu geben, ebensowenig wird man bei zusammengesetztem myopischem Astigmatismus Convexcylinder, convexe sphärisch-cylindrische Gläser, Bicylinder geben, sondern man wird einfach den Astigmatismus durch einen Concavcylinder corrigiren und mit der noch übrig bleibenden Myopie nach den allgemeinen für Myopie geltenden Regeln verfahren. Man erlasse uns die ähnlichen Erwähnungen bei gemischtem Astigmatismus. Derselbe wird für Nähe und Ferne durch Bicylinder oder heterologe sphärisch-cylindrische Gläser corrigirt; die ersteren Gläser haben den Vorzug, weil sie weniger dick sind (Donders).

Fragen wir endlich nach den Leistungen der Cylindergläser bei angebornem Astigmatismus, so ist zu bemerken, dass unter ganz gleichen Umständen Astigmatiker verschiedene Grade von Sehstörung aufweisen. Es gilt hier dasselbe wie bei Ametropie. Auch Myopen z. B. gleichen Grades und gleichweiter Pupille können sehr verschiedene Fernsehschärfe zeigen. Es kommt bei Astigmatismus ebenso wie bei Ametropie darauf an, wie weit die Fähigkeit, von den Zerstreuungskreisen zu abstrahiren, entwickelt ist. Im Zusammenhange damit wird auch beobachtet (Javal), dass selbst bei höheren Graden von Astigmatismus die Cylindergläser zurückgewiesen werden, indem die Retina sich so sehr an die linienförmigen Zerstreuungsbilder gewöhnt hat, dass die punktförmigen oder nahezu punktförmigen Bilder ihr nicht behagen, so wie, dass die Sehschärfe beim Tragen von Cylindergläsern allmälig, selbst bedeutend steigen kann (Javal, Hirschmann), indem sich die Retina den punktförmigen Bildern gleichsam allmälig adaptirt. In der Regel wird jedoch die Sehschärfe durch Cylindergläser sofort und zu der überhaupt möglichen Höhe gehoben und es ist die seit nicht viel länger als einem Jahrzehnt datirende Einführung der Cylindergläser in die Praxis (durch Donders und Knapp) eine der grössten praktischen Leistungen auf dem Gebiete der optischen Fehler des Auges. Es wird auch in dieser Richtung noch viel mehr als bisher geleistet werden, wenn man die praktischen Aerzte allgemein lehren wird, dass es zur Bestimmung von Cylindergläsern durchaus keiner

besonderen Apparate und hieroglyphisch erscheinender Liniensysteme bedarf, sondern dass man am allerbesten mit einer einfachen Collection cylindrischer Gläser und den gewöhnlichen ohnehin allgemein verbreiteten Schriftproben zum Ziele kommt. Ja, es lässt sich nicht läugnen, dass es viel geringerer Kenntnisse bedarf, um ein cylindrisches, als um ein sphärisches Glas auszuwählen, und dass man dem minder Erfahrenen viel unbedenklicher Cylindergläser, als sphärische Gläser zur Brillenbestimmung in die Hand geben kann. Es wäre mir viel lieber, wenn sich unsere Optiker mit der Bestimmung cylindrischer Gläser (die für sie im Allgemeinen eine terra incognita sind) abgeben würden, als dass sie alle Tage unpassende sphärische Gläser an den Mann bringen. Ein Cylinderglas, mit dem nicht besser gesehen wird, wird zurückgewiesen, und wird damit besser gesehen, dann kann das Tragen desselben nicht schaden. Das letztere gilt aber durchaus nicht für sphärische Gläser.

Schon schwache Cylindergläser sind im Stande das Sehvermögen sehr wesentlich zu heben und wir haben mehrfach Fälle verzeichnet, in denen + oder — $^1/_{40}$ *c* die Sehschärfe verdoppelte, von $^{20}/_{40}$ auf $^{20}/_{20}$ hob. Wir haben früher[1]) an einem Beispiele gesehen, welche gewaltige Beschwerden ein solches Glas beseitigen, ja wie durch dasselbe die bedrohte Arbeitsfähigkeit wieder hergestellt werden kann. Wenn bei hochgradigem Astigmatismus wegen regellos asymmetrischer Krümmung der Medien und geringerer Leistung der Netzhaut das durch Cylindergläser erreichbare absolute Mass der Sehschärfe in der Regel weit hinter $^{20}/_{20}$ zurückbleibt (wenngleich wir es einmal auf $^{25}/_{20}$ steigen sahen), so ist doch gerade in diesen Fällen die Leistung der Cylindergläser eine noch viel bedeutendere, denn Grosses ist erreicht, wenn man ein wenig brauchbares Sehvermögen von $^{10}/_{100}$ oder $^{10}/_{70}$ auf die Höhe von $^{10}/_{30}$ oder $^{10}/_{20}$ bringt — zu einem Höhengrade, der zu allen gewöhnlichen Fern- und Nahebeschäftigungen ausreicht. Ich glaube nicht, dass es nothwendig ist, die Wirkung der Cylindergläser durch Casuistik noch weiter zu erläutern.

Noch hätten wir die Kunstgriffe zu nennen, zu denen Astigmatiker mitunter greifen, um ihren Refractionsfehler zu verbessern. Schon das ist, ich möchte sagen, ein kleiner wenn auch unwillkürlicher Kunstgriff, dass sie mit beiden Augen sehen. Prüfen wir bei *As* die Sehschärfe jedes Auges für sich, indem wir eines verdecken, so ist die Sehschärfe jedes Auges für sich häufig auffallend geringer als die

[1]) S. pag. 740.

beider Augen zusammen. Wenn weder ein Axen- noch ein Refractionsfehler besteht, dann sieht man allerdings mit beiden Augen auch besser als mit Einem. Allein die Differenz ist nur eine geringe. Es wird z. B. mit jedem Auge für sich der eine oder der andere Buchstabe von Snellen XX nicht gelesen, dagegen mit beiden Augen erkannt, die Weite der Pupille hat keinen Einfluss auf das Sehvermögen. Besteht Astigmatismus oder schwache Ametropie, dann ist eine bestimmte Fernsehschärfe zu constatiren, aber dieselbe verringert sich in der Regel auffallend, sobald man ein Auge verdeckt, indem jetzt die Pupille des sehenden sich erweitert, daher die Zerstreuungsbilder grösser werden. Hat Jemand mit beiden Augen z. B. $S\,^{20}/_{30}$, mit jedem einzelnen aber nur $S^{20}/_{40}$ kaum oder $^{20}/_{50}$, so ist sicher, dass ein optischer Fehler da ist. Hat man ferner die Ametropie corrigirt, ist z. B., indem ich an einen speciellen Fall denke — $^1/_7$ jederseits das bestcorrigirende Glas, mit diesem Glase eine einäugige $S\,^{20}/_{50}$ kaum, dagegen $^{20}/_{40}$ voll, sobald mit beiden Augen gesehen wird, so folgt daraus, dass noch ein optischer Fehler bestehe, der dann nur Astigmatismus sein kann. Durch $-\,^1/_7\,s\,\bigcirc\,-\,^1/_{50}\,c$, Axe vertical, steigt das Sehvermögen jedes Auges in unserem Falle auf $^{20}/_{30}$ (S wird nicht erkannt), das Sehen mit beiden Augen bringt jetzt, da die optischen Fehler vollständig corrigirt sind, nur den Vortheil, dass auch das S von XXX erkennbar wird. Sowie also schon das zweiäugige Sehen den Astigmatikern wesentlichen Vortheil bringt, so wird es noch mehr eine helle Beleuchtung thun. Astigmatiker hohen Grades suchen daher immer, wenn sie können, zum Lesen u. s. f. die hellstbeleuchtete Stelle des Locales auf, während sie andererseits in der Dämmerung wesentlich schlechter sehen.

Während Ametropen zum Zwecke der Verkleinerung der Zerstreuungskreise die Lidspalten verengern, wenn sie ein Object, das nicht in ihrer deutlichen Sehweite liegt, betrachten, kommt diese Erscheinung bei Astigmatikern viel seltener vor. Man muss bedenken, dass Astigmatiker, wenn sie können, immer eine Brennlinie auf die Netzhaut bringen, dass wenn eine horizontale Brennlinie auf der Netzhaut steht, die zulässige Verengerung der Lidspalte keinen Nutzen bringt, während allerdings ein Nutzen entsteht, falls die Retina von einer verticalen Brennlinie geschnitten wird. Aber im Allgemeinen ziehen auch da die Astigmatiker es vor, mit grösseren Zerstreuungslinien und möglichst guter Beleuchtung zu sehen, als die letztere zum Behufe der Verringerung der ersteren abzuschwächen.

Unsere Schriftzeichen werden am besten erkannt, wenn die Richtung der Brennlinie auf der Netzhaut der Verticalen oder der Horizontalen

entspricht, während Brennlinien mit intermediärer Richtung das Erkennen der Zeichen erschweren.[1]) Weicht z. B. der stärkstbrechende Meridian des rechten Auges um 20° mit seinem oberen Ende schläfenwärts von der Verticalen ab, so wird (nach Correction etwaiger Ametropie) die Richtung der auf der Netzhaut liegenden Brennlinie um 20° von der Verticalen oder Horizontalen abweichen. Neigen wir jetzt den Kopf des Patienten nach links, so werden wir uns sofort von der Verbesserung des Sehens überzeugen, die bei einer bestimmten Schiefstellung des Kopfes ihren Höhenpunkt erreicht, dann nämlich wenn der Kopf so weit gedreht ist[2]), das M_o des rechten Auges vertical steht, mithin auf der Netzhaut eine verticale oder horizontale Brennlinie liegt. Von diesem Kunstgriffe der Kopfneigung können die Astigmatiker in der Regel keinen Gebrauch machen, weil die Hauptmeridiane in der Regel symmetrisch gelagert sind, also z. B. M_o in beiden Augen schläfenwärts von der Verticalen abweicht. Durch die Neigung des Kopfes nach einer Seite wird zwar S des einen Auges verbessert, die des anderen aber verschlechtert. Es dürfte die Kopfneigung dann eintreten, wenn die Hauptmeridiane gleichsinnig, d. h. M_o in beiden Augen nach rechts oder nach links abweicht oder wenn bei symmetrischer Abweichung der Meridiane die Sehschärfe eines Auges ohnehin bedeutend geringer als die des anderen ist, dieses Auge also nicht viel berücksichtigt wird. Thatsächlich sah ich die Kopfneigung in Fällen, in denen ein Auge durch Strabismus überhaupt vom gemeinschaftlichen Sehact ausgeschlossen war.

Der Astigmatiker wird ferner versuchen können, die Anomalie durch Krümmungsänderung der Hornhaut direct zu corrigiren. Dass einfach durch Verengung der Spalte der normalen Lider ein Druck auf die Hornhaut ausgeübt und so bei extraordinärem Astigmatismus durch stärkere Krümmung des verticalen Meridians eine Correction eintreten könne, möchte ich bezweifeln. Man sieht vielmehr einzelne Astigmatiker, (wie einzelne Myopen[3]) den Finger an den äusseren Augenwinkel legen und nun die Lider anspannen, oder direct auf den Bulbus drücken. Es kann auch Schiefstellung des Kopfes mit Druck gegen den Bulbus combinirt werden. Lindner Leopold, 14 Jahre alt, hat rechts $S\,{}^{20}/_{70}$, links besteht Strabismus convergens, mit einer excentrischen Netzhautstelle werden Finger auf $2^1/_2{}'$ gezählt. Mit $^1/_{20}$ c, Axe nach innen von der Verticalen, steigt S des rechten Auges auf $^{20}/_{30}$. Wenn der Knabe deutlich sehen will, neigt er den Kopf zur rechten Schulter

[1]) S. pag. 732. — [2]) S. pag. 575. — [3]) S. pag. 683.

und drückt mit dem Finger gegen das Auge. Dabei steigt S von $^{20}/_{70}$ auf $^{20}/_{40}$. Indem man ihn bei vorgesetztem Convexcylinder anweist, dasselbe Manöver auszuführen, bemerkt er zu seinem Leidwesen, dass jetzt das Sehvermögen dadurch sich verschlechtert — die abenteuerliche Manipulation hatte er so lieb gewonnen, dass er sie, wie sich später zeigte, nur schwer abgewöhnte.

Endlich kann es vorkommen, dass ein Astigmatiker, dessen Brennlinie nicht die günstigste Netzhautlage für das Erkennen eines bestimmten Objectes hat, nicht den Kopf, sondern das Object in entsprechender Weise dreht (Javal) und dass bei gewissen Arbeiten, bei denen eine beständig wechselnde Lage der Brennlinie auf der Netzhaut erwünscht wäre, das Object beständig gedreht wird. „Nous pourrions citer un micrographe", sagt Javal[1]) „qui tourne constamment ses préparations pour avoir successivement avec netteté les détails des objets".

Was den erworbenen Astigmatismus, dem der Beiname des pathologischen gebührt, anlangt, so kommt demselben mindestens dieselbe praktische Bedeutung zu, wie dem angebornen.

Der pathologische Astigmatismus der Linse hat eine geringere praktische Bedeutung. Knapp berichtet über einen Fall, in welchem eine Missbildung, und einen zweiten, in dem Luxation der Linse einen nachweisbaren höchstgradigen Astigmatismus bedingte. Selten sind übrigens die Linsenluxationen derart, dass eine Correction des durch partielle Lösung der Zonula Zinnii, sowie durch die Schiefstellung der Linse erzeugten Astigmatismus durch Cylindergläser möglich ist oder überhaupt in Betracht kommt. Eine viel grössere praktische Bedeutung hat der pathologische Cornealastigmatismus, wie er durch Operationen an der Cornea oder dem Limbus conjunctivae, durch geschwürige und andere krankhafte Processe, endlich durch Druck von Geschwülsten (selbst von Chalazien), Zug von Pterygien und auf die Hornhaut übergreifenden narbigen Bindehautsträngen zu Stande kommt. In den meisten dieser Zustände ist auch irregulärer Astigmatismus im Spiele, doch in vielen ist die Correction des regulären Astigmatismus durch Cylindergläser von ausserordentlicher Wichtigkeit.

Nach der Staaroperation (auch nach der Graefe'schen) kann man sich, wenn man vor derselben die Hornhautkrümmung gemessen hat, leicht überzeugen, dass die letztere nunmehr sehr gewöhnlich geändert ist, sowie dass Cylindergläser (im Vereine mit den sphärischen) häufig

---

[1]) Wecker II. pag. 800.

das Sehvermögen bessern. Wenn wir früher[1]) darauf hinwiesen, dass über die Sehschärfe der Staaroperation erst bei Gelegenheit des Astigmatismus gehandelt werden kann, so wird es jetzt, nachdem wir in die Lehre vom Astigmatismus und von der Wirkung der Cylindergläser näher eingegangen sind, klar, dass die mit sphärischen Gläsern allein gefundenen Sehschärferesultate nicht massgebend sind. Ich will nun hier bemerken, dass selbst nach den vollkommensten (Lappen- und Graefe'schen) Operationen, bei vollkommen reiner Pupille und bestmöglicher Correction durch sphärische und Cylindergläser kurze Zeit, d. i. einige Wochen nach der Operation eine Sehschärfe $^{20}/_{20}$ nach meinen Erfahrungen so gut wie gar nicht vorkommt — wobei ich nicht etwa blos alte Individuen, sondern Individuen jeglichen Alters in Betracht ziehe. Ich will auch hinzufügen, dass man nicht selten Gelegenheit hat zu beobachten, dass in den nächsten Monaten nach der Operation der Astigmatismus abnimmt, ja dass Cylindergläser schliesslich gänzlich verworfen werden und mit einem sphärischen Glase allein jetzt ein grössere Sehschärfe erzielt wird, als man früher mit der Combination zu erzielen vermochte. Es ist nicht blos der durch die Operation verursachte corrigirbare reguläre, sondern auch der irreguläre Astigmatismus mit der Schrumpfung der Wundnarbe zurückgegangen. Aber auch zu dieser Zeit ist $S\,^{20}/_{20}$ eine ungeheuere Seltenheit — bei den von mir sowohl, als auch bei den von Anderen Operirten, soviel ich deren zu prüfen Gelegenheit finde.

Es wäre ein interessantes Capitel auf die Sehschärfe nach Staaroperationen; die Veränderungen der Hornhautkrümmung durch dieselben; auf die „wissenschaftliche" Methode, den Astigmatismus bei Aphakie oder vielmehr die dabei nothwendigen Cylindergläser durch ophthalmometrische Messung der Hornhaut zu bestimmen; auf die Veränderungen, welche der präexistente Astigmatismus durch die Operation erfährt, näher einzugehen, aber es wäre eben ein ganzes Capitel der Pathologie, das wir hier einschalten müssten — das würde uns an dieser Stelle zu weit führen.

Dass nach Iridectomie und Iridencleisis „durch cylindrische Gläser grosse Vortheile erreicht werden können" gibt schon Donders an.

Der Verfall des Sehvermögens, wie er nicht selten nach der Operation des nicht mit Trübungen der Medien complicirten Glaucoms beobachtet wird, sowie der so mangelhafte Erfolg der zu optischen Zwecken ausgeführten Iridectomien ist zum Theile (leider nur zum Theile) durch

[1]) S. pag. 251.

den gesetzten Hornhautastigmatismus bedingt, es kann daher auch das Sehvermögen durch Cylindergläser gebessert werden. Andererseits ist die erstaunliche Besserung des Sehvermögens, wie sie mitunter sich in den nächsten Monaten nach einer zu optischen Zwecken vollführten Pupillenbildung allmälig herausbildet, dem allmäligen Schwinden des durch die Operation erzeugten regulären und irregulären Astigmatismus zuzuschreiben. Die Endwirkung einer solchen Iridectomie kann daher immer erst nach Monaten richtig beurtheilt werden.

Die grössten Leistungen jedoch sind den Cylindergläsern vorbehalten in jenen Fällen, in welchen die Hornhaut durch krankhafte Processe gelitten hat. Beim Keratoconus freilich ist selbst im Beginne des Leidens durch Cylindergläser wenig oder gar nichts zu erreichen, nach Entzündungsprocessen aller Art ist die Leistung schon eine bessere, aber die, die ich meine, ist jene, wie sie bei jenen häufig unscheinbaren Veränderungen der Hornhaut beobachtet wird, die namentlich nach phlyctänulären Keratitiden oder nach der wiederholten Insultirung durch Fremdkörper im Bereiche der Pupille zurückbleiben können — es handelt sich um oberflächliche Trübungen oder Substanzverluste, sogenannte Facetten der Hornhaut, deren charakteristische Erscheinung bei der Augenspiegelbeleuchtung [1]) erkennen lässt, dass nicht die Trübung, sondern die unregelmässige Krümmung der centralen Hornhautpartie an der gewöhnlich schweren Schädigung des Sehvermögens Schuld trägt. In Betreff der ophthalmometrischen Messung pathologischer Corneae, will ich im Gegensatze zu Donders [2]) bemerken, dass sie stets die höchste Anregung bietet. Die Messungen nicht pathologischer Hornhäute verlieren, wenn man einmal eine grössere Zahl derselben vorgenommen hat, an Interesse, denn zwischen gewissen relativ engen Grenzen schwanken die Werthe für den Krümmungsradius und es ist ein guter Tag, an dem man auf einen etwas abnormen Werth stösst. Die Resultate der Untersuchung pathologischer Hornhäute sind aber a priori gar nicht abzusehen. Vor allem wirkt häufig überraschend die grosse Regelmässigkeit der spiegelnden Stelle, an welcher die Reflexe so scharf und in solch' richtiger gegenseitiger Lage erscheinen, dass man aus der ophthalmometrischen Messung an sich nicht das Vorhandensein einer anormalen Stelle erkennen würde, würde nicht häufig der Werth des Krümmungsradius auf etwas Absonderliches hindeuten. Es kann dabei die Brechkraft des dioptrischen Systems

[1]) S. Ophthalmoscopie pag. 135.

[2]) Anom. of refr. and accom. pag. 536, deutsch pag. 451.

geändert sein [1]), ohne dass Astigmatismus, weder regulärer, noch höherer irregulärer nachweislich würde. In anderen Fällen wird die Ursache des vorhandenen regulären und irregulären Astigmatismus durch die Messung der Hornhaut klargelegt, in noch anderen sind die Zeichen des irregulären Astigmatismus, über die wir noch sprechen werden, allein hervortretend und die Ursache höchstgradiger Sehstörung wird uns so direct demonstrirt.

Es fällt mir nicht ein, die ophthalmometrische Messung etwa als zur Bestimmung der Cylindergläser im Allgemeinen erspriesslich empfehlen zu wollen. Es wird immer Aufgabe der Empirie bleiben, zu versuchen, ob nicht durch irgend ein Cylinderglas in solchen Fällen Besserung geschafft werden kann. Der Augenspiegel braucht uns, besonders wenn gleichzeitig, wie gewöhnlich, unregelmässiger Astigmatismus im Spiele ist, durchaus keinen Aufschluss zu geben, wiewohl ein schwaches Cylinderglas Wunder wirken kann.

Bei hochgradiger Hornhautasymmetrie werden die ophthalmoscopischen Erscheinungen des regelmässigen Astigmatismus neben denen des unregelmässigen nicht fehlen, aber dabei will ich erwähnen, dass mir ein solcher Fall vorgekommen ist, wo doch erst die ophthalmometrische Messung die Anhaltspunkte für die Wahl eines passenden Cylinderglases lieferte. Blattner, 30 Jahre alt, zeigt — die Augenkrankheit entwickelte sich nach Blattern — am rechten Auge totales Hornhautleukom, am linken einen centralen Hornhautabschliff, mit dem Spiegel Zeichen von hochgradigem regulärem und irregulärem Astigmatismus. Der Sehnerv erscheint im aufrechten Bilde in eine Verticalellipse von grosser Excentricität ausgezogen, S $^{10}/_{70}$. Es werden Cylindergläser versucht, auch stärkere, aber sie nützen nichts. Die ophthalmometrische Messung zeigt (neben den Zeichen des irregulären Astigmatismus) in der Gesichtslinie im horizontalen Meridian einen Radius von 9·68950, im verticalen einen solchen von 6·43930 M^m. Eine so colossale Differenz von $3^1/_4$ M^m zwischen den Radien zweier durch Einen Punkt der Hornhaut gelegten Schnitte habe ich nicht wieder beobachtet. As_c berechnet sich $= \frac{1}{2 \cdot 34}$. Es wurde klar, was durch die Augenspiegeluntersuchung allein durchaus nicht klar wurde, dass wir mit den stärksten Cylindergläsern unseres Brillenkastens die Versuche anfangen müssen. $^1/_5$ c, Axe vertical, besserte ein wenig aber erst $^1/_5$ c + $^1/_8$ c (deren Axen natürlich zusammenfielen) brachte die

[1]) S. pag. 456—458.

grösste Verbesserung der Sehschärfe von $^{10}/_{70}$ auf $^{10}/_{30}$. Die wirkliche Brennweite der Gläsersumme beträgt 74 $M^{m.}$, der Abstand der mit den Planflächen aneinandergesetzten Cylindergläser vom Auge 19 $M^{m.}$, daher der Abstand des brechenden Meridians vom Knotenpunkt des horizontalen Augendurchschnittes circa 27 $M^{m.}$. Es wurde also durch diese Glascombination ein $As_o = \frac{1}{47\ M^{m.}} = \frac{1}{1{\cdot}73}$ corrigirt. Der Spiegel zeigte im verticalen Meridian trotz des Hornhautradius von 6·4 keine Myopie, es wurde auch das Sehvermögen durch Schwächung der Brechkraft des Verticalmeridians nicht weiter gebessert, offenbar handelt es sich um vorbestehende Hypermetropie. Interessant ist, dass der Astigmatismus des Auges den der Hornhaut noch um $\frac{1}{6{\cdot}6}$ übertrifft.

Wieviel andererseits auch mit schwachen Cylindern bei Hornhauttrübungen erreicht werden kann, zeigt der Fall eines Steinarbeiters. Das linke Auge ging vor 10 Jahren durch eine Steinverletzung an Iridochorioiditis bei Erhaltung der Form und Spannung des Bulbus zu Grunde, quantitative Lichtempfindung ist erhalten, Patient kommt wegen einer neueren mit heftigen Schmerzen verbundenen Entzündung dieses Auges — einer Iridochorioiditis ohne Empfindlichkeit des Ciliarkörpers. Am rechten Auge besteht nur $S\,^{20}/_{70}$, Patient gibt an, dass er seit einiger Zeit am rechten Auge schlechter sehe. Immerhin wird ein Gedanke an sympathische Erkrankung dieses Auges auftauchen. Sieht man sich dasselbe etwas genauer an, so bemerkt man in der Hornhaut gegenüber der Pupille einen kleinen weissen Steinsplitter und unterhalb desselben mehrere äusserst feine leichtgetrübte Stellen offenbar von früheren Steinverletzungen herrührend. Aeusserlich ist am Auge sonst nichts Abnormes; mit dem Spiegel ist bei der Enge der Pupille und der Unregelmässigkeit der Cornea im Bereiche des Pupillargebietes nicht viel zu sehen. Setzt man vor das Auge $-\,^1/_{40}\ c$, brechender Meridian um 22° nasenwärts geneigt, so steigt S von $^{20}/_{70}$ auf $^{20}/_{30}$ und setzt man vor diesen Cylinder $+\,^1/_{50}\ c$ mit gekreuzter Axe, dann steigt S auf $^{20}/_{20}$ voll, sämmtliche Buchstaben von XX werden richtig angegeben. Es entfällt der Gedanke an eine sympathische Erkrankung des Auges, der Steinsplitter, der schon seit längerer Zeit in der Cornea steckt, ohne die geringste Reaction zu erzeugen, wird an Ort und Stelle belassen, weil bei der centralen Lage desselben dessen Entfernung eine das Sehvermögen wesentlich störende Hornhautfacettirung

zurücklassen könnte, gegen welche sich Cylindergläser vielleicht nicht mehr hilfreich erweisen würden.

Da es sich wegen der Regelmässigkeit, mit welcher die Phlyctänulosa beide Augen ergreift, häufig in solchen Fällen um bedeutende Herabsetzung des Sehvermögens an beiden Augen handelt, so hat der Versuch mit Cylindergläsern eine sehr allgemeine, nicht blos auf die mehr vereinzelten Fälle vom Vorhandensein blos Eines Auges beschränkte praktische Bedeutung. Man darf sich allerdings nicht schmeicheln, unter solchen Umständen im Allgemeinen eine so bedeutende Besserung des Sehvermögens zu erlangen, wie in dem letztangeführten Falle. Aber geringe Verbesserungen leisten schon Grosses. Wenn es mit Hilfe von Cylindergläsern möglich ist zu bewirken, dass gewöhnliche Druckschrift statt in 6″ z. B. in 8″ gelesen werden kann, so ist das eine herrliche Leistung, weil die Individuen in der Entfernung von 6″ keine brauchbare Arbeitsdauer besitzen und auch durch kein optisches Hilfsmittel erlangen können, während sie in 8″ Abstand vollkommen und dauernd zu arbeiten vermögen.

Nur sei erwähnt, dass es die Menschenpflicht gebietet, wenigstens in diesen Fällen den Astigmatismus und die Cylindergläser nicht in „wissenschaftlicher“ Weise zu bestimmen. Wenn man da mit complicirten Apparaten, mit Stokes'scher Linse, mit stenopäischen Spalten, Liniensystemen und noch anderem gelehrten Apparate ins Feld rückt, so geniesst man zwar die hohe Befriedigung über die eigene Gelehrsamkeit, aber dem Kranken hilft man blutwenig, indem auf diese Weise in diesen Fällen nichts herauszubringen ist. Wenn man statt dessen sich Mühe gibt, durch $^1/_4$ oder halbe Stunde verschiedene Cylindergläser und Cylindercombinationen vor den Augen des Patienten herumzudrehen, so erfordert das freilich kein tiefes Wissen — denn am Ende kann das der Kranke selber thun, indem man ihm einfach eine Sammlung von Cylindergläsern hinstellt — aber dafür wird in vielen Fällen ein Erfolg erzielt, der den Kranken arbeitsfähig macht, seine Existenz, sein Lebensglück begründet. Unzählige Menschen mit Hornhauttrübungen gehen herum, denen erklärt wird, dass für sie kein Kraut gewachsen sei, während ein Cylinderglas ihnen helfen könnte. Bis der praktische Arzt wissen wird, dass es zum Aussuchen von Cylindergläsern gar keiner Specialkenntnisse, sondern nur einer Sammlung solcher Gläser bedarf, wird auch darin sich vieles bessern.

Noch sei angeführt, dass sowie nach Operationen, ebenso nach Durchbruch der Hornhaut mit Einheilung der Iris die Hornhautkrümmung in so regelmässiger Weise geändert werden kann, dass

hochgradiger regulärer, also durch Cylindergläser corrigirbarer Astigmatismus zurück bleibt. Rogger Anton, 16 Jahre alt, zeigt an der Hornhaut des rechten Auges unterhalb der Pupille eine kleine Hornhautnarbe, in welche die unterste Partie des Sphincter pupillae eingeheilt ist. *S* ist an diesem Auge = $^{20}/_{100}$ kaum, links = $^{20}/_{20}$; es besteht, wie der Versuch am Fallapparate nachweist, vollkommenes Binocularsehen. Mit — $^{1}/_{12}$ *c*, dessen wirkliche Brennweite = — 10·8″, Axe horizontal, steigt *S* am rechten Auge von $^{20}/_{100}$ auf $^{20}/_{30}$ nahezu, und wird $^{20}/_{30}$ voll mit $-\frac{1}{10\cdot8}\ c \bigcirc -\ ^{1}/_{60}\ s$. Am linken Auge wird *S* sowohl durch — $^{1}/_{50}$ *c* als auch durch + $^{1}/_{50}$ *c* verschlechtert. Das Ophthalmometer ergibt am linken Auge keinen nachweisbaren Unterschied zwischen der Krümmung der Hornhaut im verticalen und jener im horizontalen Meridian, der Krümmungsradius in der Gesichtslinie beträgt in *V* und *H* 7·43500 M^{m}·. Am rechten Auge ist der Radius in $V = 6\cdot95185$, in $H = 7\cdot81190$ M^{m}., demnach $As_{\bullet} = \frac{1}{7\cdot16}$. Zwischen $As_{o} = \frac{1}{11\cdot3}$ und $As_{c} = \frac{1}{7\cdot16}$ besteht ein Unterschied von circa $^{1}/_{20}$. Am rechten Auge ist in Folge der Cicatrix corneae adhaerens offenbar der horizontale Meridian schwächer, der verticale stärker gekrümmt worden, doch ist auch jetzt noch in der Richtung des schwächstbrechenden Meridians *M* $^{1}/_{60}$ da.

Wie die ophthalmometrische Messung der Cornea bei Astigmatismus überhaupt, so auch bei den erworbenen Formveränderungen, im Allgemeinen mehr von wissenschaftlichem als von unmittelbar praktischem Interesse ist, so kommt ihr doch eine praktische Bedeutung zu, für die Entscheidung der Frage, an welcher Stelle man bei Hornhautnarben eine Iridectomie anlegen soll. Die mit seitlicher Beleuchtung zu constatirende Durchsichtigkeit der peripheren Hornhautpartien genügt nicht. Hat man überhaupt Auswahl für den Ort der Iridectomie, so muss neben der Durchsichtigkeit noch die Krümmung der Hornhaut berücksichtigt werden, die man mittelst des Ophthalmometers ermittelt. Man wird über die geringen Erfolge, welche nach Iridectomie zu optischen Zwecken erzielt werden, sich nicht wundern, wenn man sich mit Hilfe des Ophthalmometers überzeugt hat, in wie hohem Grade unregelmässig die vollkommen durchsichtige Hornhaut in der Umgebung von Hornhautnarben häufig ist.

Der irreguläre Astigmatismus

ist jener Theil der monochromatischen Aberration, welcher durch Cylindergläser nicht corrigirt werden kann. Unregelmässigkeiten des dioptrischen Apparates von solcher Art, dass auch die in einem einzigen Meridian selbst nahe der Axe einfallenden Strahlen nicht wieder in Einen Punkt vereinigt werden, verschulden ihn. Doch wird das Bild auf der Netzhaut auch dann kein deutliches sein, wenn zwar die einzelnen Meridiane des dioptrischen Apparates regelmässig gekrümmt sind, die Krümmung der brechenden Flächen in toto aber ganz asymmetrisch ist. Wie den regulären Astigmatismus können wir auch den irregulären in angeborenen (typischen) und erworbenen (pathologischen, atypischen) unterscheiden. Wie es unbegründet ist, den regulären Astigmatismus in normalen und abnormen einzutheilen, so gilt das Gleiche auch vom irregulären. Es gibt vereinzelte Augen, welche von demselben ganz frei sind; dann solche, in welchen sich die Irregularität des dioptrischen Apparates nur in sehr geringem Grade merkbar macht, und zwar kommt dies viel häufiger vor, als man gewöhnlich glaubt; wieder andere, in denen er in immer höherem Grade und endlich solche, in denen er im höchsten Grade hervortritt. Wie die höchsten Grade des regulären, so sind auch die höchsten Grade des irregulären Astigmatismus erworben.

Der angeborene irreguläre Astigmatismus ist in seinen niederen Graden von der Linse abhängig, indem die einzelnen Sectoren der Linse das Licht verschieden brechen und jeder Sector für sich ein unvollkommenes Bild entwirft (Donders); bei den höheren Graden, wie er sich in der Regel zum hochgradigen regulären Astigmatismus hinzugesellt, spielt jedoch auch die mitunter ganz asymmetrische Hornhautkrümmung eine bisher zu sehr unterschätzte Rolle; endlich sei auch, wenngleich nicht streng genommen hieher gehörig, der mangelhaften Centrirung der optischen Medien des Auges um die Gesichtslinie (Brücke) Erwähnung gethan, die auch bei monochromatischem Lichte eine Sehstörung hervorbringen könnte und vielleicht in manchen Augen eine grössere Bedeutung gewinnt. Dagegen kann bei irregulärem Astigmatismus ebensowenig wie bei regulärem eine Anomalie der Netzhaut in Frage kommen, denn auf jedem einzelnen Punkte einer noch so sehr verkrümmten Netzhaut wird durch ein vollkommenes optisches System bei gehörigem Abstande jenes Netzhautpunktes immer ein punktförmiges Bild entworfen. Die Sehstörungen, die bei Netzhautverkrümmung zum Vorschein kommen, haben daher mit Astigmatismus nichts gemein.

Da der irreguläre Astigmatismus nicht gestattet, dass das Bild eines Punktes auf der Netzhaut wieder ein Punkt sei, also verschuldet, dass es ein Zerstreuungsbild darstelle, so ist er ein Grund für die Herabsetzung der Sehschärfe. Der geringe Grad der Sehschärfe des menschlichen Auges ist zum Theile vom irregulären Astigmatismus abhängig, die Differenzen der Sehschärfe sind nicht selten nur in dessen verschiedener Entwicklung bedingt, und es erreicht die Sehstörung auch beim angeborenen Fehler mitunter bedeutende Grade. Die Unregelmässigkeit der optischen Medien ist auch die Ursache einer Anzahl von Phänomenen, welche unter bestimmten Bedingungen sichtbar werden. Die zwei auffallendsten derselben sind die Polyopia monophthalmica, die bei ungenauer Accommodation hervortritt und bei hochgradigem irregulärem Astigmatismus auch bei möglichst genauer Accommodation da sein kann, sowie das Erscheinen der Lichtstrahlen und Lichtschwänze an den Sternen. Von beiden Erscheinungen haben wir schon gehandelt, von der ersteren bei Gelegenheit der Besprechung des Sehens der Myopen [1]), von der letzteren bei der Kritik der Sternprüfung zum Zwecke der Messung der Sehschärfe [2]). Auf das Verhalten der Augen den Sternen gegenüber müssen wir hier noch einmal ausführlicher zurückkommen und dies um so mehr, als nach dieser Richtung hin irrthümliche Ansichten noch die herrschenden sind. Zunächst wird es nicht schaden, noch einmal [3]) die Thatsache hervorzuheben, dass ein Auge, welches Sehschärfe $^{20}/_{20}$ nach Snellen besitzt, d. h. die quadratischen Buchstaben XX Snellen auf 20′ Abstand erkennt, welchem demnach die einzelnen, die Buchstaben constituirenden Striche unter einem Winkel von Einer Minute erscheinen, unter den allergünstigen Bedingungen nur Sterne unterscheiden kann, welche wenigstens fünf Minuten von einander abstehen.

Augen, welche von irregulärem Astigmatismus vollkommen frei sind, können Jupitersmonde sehen. Wiewohl Mädler im Allgemeinen sagt [4]), dass „aussergewöhnlich weitsichtige Augen, wenn auch diese nur vermöge der anderweitig erlangten Kenntniss, zuweilen einen Jupitersmond unterscheiden“ und Humboldt [5]) eine ähnliche Bemerkung macht, so ist mir doch nur Ein Mensch namentlich bekannt, der Jupiters-

---

[1]) S. pag. 344–347.
[2]) S. pag. 125.
[3]) S. pag. 126.
[4]) Populäre Astronomie 4. Aufl. 1849. pag. 475.
[5]) Kosmos 3. Band. 1874. pag. 44.

satelliten zu sehen vermochte, das ist der schon einmal erwähnte Schön [1]), von welchem Humboldt durch den Sternwartedirector v. Boguslawski Kunde bekam. Schön sah Planeten und Fixsterne nicht blos frei von Strahlen, sondern wie leuchtende „Punkte". Bei der hohen Vollkommenheit seines dioptrischen Apparats war das Sternbild punktförmig, die Sterne zeigten gleichsam keinen scheinbaren Durchmesser.

Augen, welche gleichfalls noch einen sehr vollkommenen dioptrischen Apparat haben, aber von Zerstreuungsbildern doch nicht vollständig frei sind, sehen Sterne zwar nicht als leuchtende Punkte, sondern als leuchtende Scheiben, aber immer frei von Strahlen.

Wenn Javal anführt [2]), dass er niemals Strahlen um die Sterne sehe und dass Personen mit ausgezeichneter Sehschärfe sich, was man auch dagegen sagen möge, im Allgemeinen in dem gleichen Falle befinden, so hat er ganz Recht und es verdient nur hervorgehoben zu werden, dass Javal's Augen, die mit regulärem $Ah\ ^1/_{24}$ behaftet sind, einen so geringen irregulären Astigmatismus zeigen. Unter den jetzigen Astronomen ist es von Heis bekannt, dass er keine Strahlen um die Sterne sieht, und ein gleiches gilt von v. Oppolzer, wie ich durch mündliche Mittheilung weiss. Solche Augen vermögen aber Jupiterstrabanten nicht zu sehen. Dieser Umstand, sowie der, dass die Sterne einen scheinbaren Durchmesser haben, zeigt klar, dass noch irregulärer Astigmatismus da ist. Die äusserste Leistung solcher Augen reicht allenfalls bis zur Unterscheidung des Doppelstrenes ε lyrae, wiewohl selbst Heis diesen Doppelstern nur als Einen ovalen Stern sieht. Wir haben schon angeführt [3]), dass Galle den Doppelstern sondern zu können glaubt und dass Aubert ihn „für kurze Momente" unter sehr günstigen Verhältnissen wirklich zu trennen vermag, eine Angabe, die aber eine Täuschung nicht ganz ausschliesst. Wiewohl die 2 Sterne ε Lyrae $3^1/_2$ Minuten von einander abstehen und von gleicher Lichtstärke sind, so kenne ich doch nur Einen Gewährsmann, welcher sie stets getrennt sieht oder wenigstens sah, das ist v. Oppolzer, wie ich aus dessen gütiger Mittheilung weiss. „Als Beweis, mit welcher Deutlichkeit ich beide Sterne trenne", schrieb mir der berühmte Astronom am 25. Mai d. J. „mag dienen, dass ich beim Beginne meiner astronomischen Versuche (1862) den Stern als Doppelstern wahrnahm, ohne noch hiervon anderweitige Kenntniss erlangt zu haben". Mehrfach

[1]) S. pag. 125.
[2]) Wecker II. 1866. pag. 837 Anmerkung.
[3]) S. pag. 125.

gelang die Trennung auch dem Assistenten der Gradmessung, Herrn Kühnert, wie mir gleichfalls Herr v. Oppolzer mittheilt. Solche Augen, wie jene v. Oppolzer's, sehen noch mit Leichtigkeit den Stern Alcor [1]) und erkennen eine grössere Anzahl von Sternen in der Gruppe der Plejaden.

Bei etwas stärkerer Entwicklung des irregulären Astigmatismus erscheinen zwar die lichtschwächeren Sterne noch ohne Strahlen, aber die lichtstärkeren Fixsterne und die Planeten sind mit deutlichen, mehr oder weniger zahlreichen Ausstrahlungen versehen, die letzteren Sterne sehen mit Einem Worte so aus, wie anständige Sterne nach der allgemeinen Vorstellung aussehen sollen. Für solche Augen, auch wenn sie für terrestrische Gegenstände noch eine sehr hervorragende Sehschärfe haben, ist schon das Erkennen des Reiterleins (des Alcor) nicht mehr ganz leicht. Meine eigenen Augen gehören in diese Kategorie, aber ich bin nicht im Stande den Alcor constant, dauernd zu trennen, sondern sehe ihn nur abwechselnd. Für solche Augen kann es schon sehr schwierig werden, sieben Sterne in den Plejaden zu sehen, ja ich kenne sogar einen Fall, in welchem die Sterne noch alle ohne Strahlen erscheinen, Alcor mit Leichtigkeit constant unterschieden wird und doch in der Plejadengruppe angeblich nicht mehr als die 6 grösseren Sterne gesehen werden.

Bei einer noch höheren Entwicklung des irregulären Astigmatismus werden alle noch deutlich wahrnehmbaren Sterne als „Sterne" gesehen. Hieher gehört die weitaus grösste Mehrzahl der noch scharfsehenden Augen, d. h. solcher Augen, die noch $S^{20}/_{20}$ Snellen haben. Solche Augen trennen allerdings noch bei einiger Aufmerksamkeit die beiden α Capricorni, welche $6^1/_2$ Minuten von einander abstehen, aber für solche Augen ist Alcor im Allgemeinen nicht mehr deutlich sichtbar, solche Augen sehen nicht mehr 7 Sterne in den Plejaden.

Bis hieher und nicht weiter hat es ein Interesse, den Einfluss des irregulären Astigmatismus auf die Sternprüfung zu verfolgen — es bietet keine weitere Anregung, zu untersuchen, was jene Augen am Sternenhimmel noch sehen, deren Sehschärfe durch den irregulären Astigmatismus schon für terrestrische Gegenstände bedeutend herabgesetzt ist. Aber so wie die vorangehende Erörterung nicht unwichtig ist, wenn man bedenkt, dass Physiologen und Ophthalmologen, Robert Hooke's Angabe folgend, der Ansicht waren, dass das Unterscheidungs-

[1]) S. pag. 124.

vermögen der Sterne beginne, wenn ihr Abstand Eine (!) Minute beträgt und dass der Gesichtswinkel für terrestrische Gegenstände grösser sei als für Sterne, so erscheint die Auseinandersetzung auch desshalb nicht überflüssig, weil die in neuerer Zeit niedergelegten Ansichten eines hervorragenden Astronomen geeignet sind, neue Verwirrung in die Sache zu bringen. Carl v. Littrow hat in seiner Rectorsrede (1869) „das Zurückbleiben der Alten in den Naturwissenschaften" zum Thema gewählt. Er ist der Ansicht, dass den Alten die gehörige Beobachtungsgabe fehlte, die unseren Generationen eigen ist und führt als Beweis dafür, dass es „beim Wahrnehmen von Sternen nicht blos auf reinen Himmel und gute Augen ankomme", auf: dass Aratus 270 v. Ch. von den Plejaden sagt, man nenne sie ἑπτάποροι, die in sieben Bahnen wandelnden, obgleich man nur sechs Sterne sehe; dass Ovid nahe 300 Jahre später von derselben Sterngruppe schreibt, dass „sie als sieben bezeichnet zu werden, jedoch nur sechs zu sein pflegen"; dass auch der Alcor, „obschon ein Stern 5. Grösse und mit Leichtigkeit auszunehmen" nicht von den ältesten Astrognosten aufgeführt wird; dass α Capricorni nicht immer als Doppelstern gesehen wurde u. s. w. — während heutzutage Personen, die in den Plejaden mit freiem Auge elf Sterne ausnehmen, „nichts weniger als zu den Seltenheiten gehören", ja sogar Laien 14 bis 16 Sterne in der Gluckhenne erkennen. Diese Auffassung ist nicht zutreffend. Gerade die Sternprüfung zeigt, dass sich die Sehschärfe des menschliches Auges seit Jahrtausenden nicht geändert hat, dass das Auge heute so unvollkommen ist, wie es immer war, dass Augen mit sehr geringem irregulären Astigmatismus heute wie vor Jahrtausenden zu den Seltenheiten gehören. Dass die Plejaden schon in den ältesten Zeiten als „sieben" bezeichnet wurden, zeigt doch klar, dass man sieben Sterne gesehen hat und wenn Aratus und Ovid nur sechs sehen konnten, so befanden sie sich in demselben Falle wie ich. Dass schon in früherer Zeit besonders vollkommene Augen vorkamen, kann man gerade aus Littrow's Citaten ersehen, der anführt, dass El-Kazwini neben den sechs Sternen der Gluckhenne „noch eine Menge dunkler (d. i. lichtschwacher)" sah, dass Mästlin, Kepler's Lehrer, nicht weniger als 14 Sterne in den Plejaden unterschied; dass die Araber das Reiterlein und den Doppelstern α Capricorni kannten. Dass es aber den Alten auch nicht an Gabe der Beobachtung fehlte, die natürlich nur soweit reichen konnte, als es das unbewaffnete Auge gestattete, geht auch aus Littrow's Angaben hervor, indem er sagt, dass die Reinheit der Luft den Alten Beobachtungen gestattete, die man in unseren Gegenden nicht machen

kann und indem er speciell anführt, dass wir uns „ohne das Fernrohr von den Bewegungen des in unseren Breiten so schwer sichtbaren Planeten Mercur nie die verhältnissmässig genaue Kunde verschafft hätten, die zu sammeln den Alten gelang“. Ich will noch Folgendes auführen. Alexander von Humboldt[1]) sagt: „Die Plejaden geben den Beweis dafür, dass vor mehreren tausend Jahren wie jetzt Sterne, welche Astronomen 7. Grösse nennen, den blossen Augen bei mittlerer Sehschärfe unsichtbar blieben“. Da Humboldt ferner nicht ganz bestimmt angeben kann, welches der 7. Stern gewesen sei, den die Alten doch schon gesehen haben, so scheint es mir, dass Humboldt selbst nur sechs Sterne unterscheiden konnte. Selbst Alcor, jenen Stern, den v. Littrow „als mit Leichtigkeit“ ausnehmbar bezeichnet, konnte Humboldt „nur selten und ungewisser in Europa“ erkennen und seine Angaben über das Sehen dieses Sternes unter den Tropen[2]) erlaubt sich sogar Mädler mit einem leisen Hauch von Zweifel wieder zu geben[3]). Nun kann man gerade nicht sagen, dass Alexander v. Humboldt eine abnorm geringe Sehschärfe besessen hätte, denn er bemerkte — eine wenn nicht von einem Humboldt angegebene, sicher bezweifelbare Thatsache — seinen Freund Bonpland mit freiem Auge in einer Entfernung von drei und siebenzehntel geographischen Meilen[4]); und dass andererseits Alexander v. Humboldt „in den Naturwissenschaften“ besonders auffallend zurückgeblieben wäre, könnte man auch nicht mit einiger Aussicht auf Zustimmung behaupten.

Schon das letzte Beispiel zeigt, dass der irreguläre Astigmatismus viel störender bei den eigenthümlichen Verhältnissen, die bei der Sternprüfung obwalten, sich geltend macht, als bei der Prüfung terrestrischer Gegenstände und dass daher gar nicht a priori angenommen werden kann, dass Augen, welche Sternen gegenüber eine besondere Leistung aufweisen, eine ganz abnorm grosse Sehschärfe in dem ophthalmologisch üblichen Sinne aufweisen werden. Interessant ist in jedem Falle eine solche vergleichende Prüfung. v. Oppolzer, der den Doppelstern ε lyrae constant unterscheidet, erkennt, wie er mir schreibt, Snellen XX nur auf 8 Meter (24′ 7″ 6·368‴ Par. Mass), hat also keine grössere Sehschärfe als $^{25}/_{20}$, in welcher meine Augen mit den seinigen sehr glücklich concurriren können, wiewohl sie den Sternen gegenüber weit zurückstehen.

[1]) Kosmos 3. Band 1874, pag. 43.
[2]) S. pag. 124.
[3]) Pop. Astronomie 1849, pag. 475 Anmerkung.
[4]) S. pag. 123.

Vom angeborenen irregulären Astigmatismus ist es sicher, dass er mit zunehmenden Jahren wächst, sowie man sich auch überzeugen kann, dass derselbe bei der Accommodation sich vermehrt. An dieser Zunahme ist die Cornea unschuldig, die Hauptschuld trägt die Linse; ob der Glaskörper im Alter abnorme Veränderungen eingeht, welche die Unregelmässigkeit der brechenden Medien steigern, ist möglich, aber nicht erwiesen.

Mit zunehmenden Jahren nimmt die Consistenz der Linse zu und eine Scheidung in Sectoren wird ersichtlich. Namentlich das letztere Moment ist es, welches die zunehmende Unregelmässigkeit bedingt, es macht sich dieses Moment nicht etwa erst in wirklich höherem Alter, sondern schon im Mannesalter kennbar. Interessant ist mir in dieser Beziehung, dass Oppolzer, der im Beginne der dreissiger Jahre steht, anfängt zu bemerken, dass die Sterne (allerdings nur sehr helle, so Jupiter, Venus, Mars in ihrem hellsten Glanze) nicht mehr als vollkommen runde Scheiben erscheinen, sondern „nach links unten eine kleine Aufwulstung zu zeigen scheinen, was vor 4 bis 5 Jahren gewiss noch nicht der Fall war“ und mit vollem Rechte bringt er damit den Umstand in Zusammenhang, dass ihm jetzt auch die Trennung von ε lyrae schwieriger wird. „Einige Jahre vor seinem Tode“, sagt v. Boguslawski, „klagte mir Schön, dass seine alternden Augen nich mehr bis zu den Jupitersmonden reichten, und dass sie jetzt auch bei heiterer Luft ihm einzeln nur ihre Stelle als schwache lichte Striche bezeichneten“. Wiewohl Schön zu dieser Zeit noch immer am Himmel Dinge sah, wie es von keinem anderen Sterblichen namentlich bekannt ist, so konnten sich doch selbst seine Augen den Altersveränderungen der Linse nicht entziehen.

Von der Zunahme des irregulären Astigmatismus bei der Accommodation kann man sich auf objective Weise überzeugen. Die objectiven Erscheinungen der angeborenen Irregularität treten bei der Augenspiegeluntersuchung hervor, doch muss, wie beim regulären Astigmatismus, die Anomalie bis zu einer bestimmten Höhe entwickelt sein, um objectiv erkennbar zu werden.

Die Ungleichmässigkeit des dioptrischen Systems lässt die Objecte im Augengrunde — am auffallendsten ist die Erscheinung am Rande der Papille — nicht in scharfen Contouren, sondern verzerrt erscheinen. Aendert man bei der Untersuchung im aufrechten Bilde die Stelle des dioptrischen Systems, durch welche man ein Object des Augengrundes beschaut, so ändert sich auch damit die Form des letzteren, die einzelnen Theile desselben gehen eine eigenthümliche scheinbare Verschie-

bung gegen einander ein. Die gleichen Erscheinungen der parallactischen Verschiebung treten auch im umgekehrten Bilde bei Bewegungen der das umgekehrte Bild erzeugenden Convexlinse auf. Wenn Objecte des Augengrundes in verschiedener Tiefe liegen, treten auch bei mangelndem irregulärem Astigmatismus die Erscheinungen der parallactischen Verschiebung auf, jedoch in anderer, regelmässiger Weise [1]).

Wenn man nun die Pupille eines Auges durch eine sehr schwache Atropindosis [2]), welche den Accommodationsmuskel kaum beeinflusst, erweitert, so kann man sich mitunter mit dem Spiegel überzeugen, dass beim Sehen des Auges in die Ferne Erscheinungen von irregulärem Astigmatismus im Augengrunde mangeln, dagegen hervortreten, sobald stark für die Nähe accommodirt wird, oder zunehmen, wenn sie schon beim Fernblick sichtbar werden. Es ist kein Zweifel, dass bei der Dickenzunahme, welche die Linse beim Accommodationsacte erfährt, ihre optische Vollkommenheit noch weiter abnimmt, aber ich habe ausserdem vor kurzer Zeit Gelegenheit gehabt, noch eine andere Ursache für das Wachsen des irregulären Astigmatismus beim Sehen in die Nähe kennen zu lernen. Als ich bei einer 45jährigen Frauensperson ein dünnwandiges totales Irisstaphylom abtrug, lag die Kapsel und Linse vollkommen ungetrübt in normaler Stellung da, so dass ich der Versuchung nicht widerstehen konnte, eine ophthalmometrische Messung der Linse vorzunehmen. Eine modificirte Knapp'sche Operation, bei welcher die Fäden vor Abtragung des Staphyloms nur durch die Conjunctiva durchgezogen wurden, war intendirt, die Fäden konnten daher leicht zur Seite geschoben werden. Ich liess die Patientin mit dem Sperrelevateur zwischen den Lidern zum Ophthalmometer gehen, was ihr übrigens sehr wenig Beschwerden verursachte. Die Messung der vorderen Linsenfläche ergab sofort, dass dieselbe im höchsten Grade uneben sein musste, denn es zeigten sich dem entsprechende Erscheinungen, wie sie auch bei hochgradigen Unregelmässigkeiten auf der Oberfläche der Hornhaut sich zeigen und von denen wir gleich später sprechen werden. Nur nach Befeuchtung der Linse konnte man sich von der Convexitätszunahme der vorderen Linsenfläche überzeugen, indem deren Radius in der Mitte nunmehr ungefähr mit 7 M^{m}· bestimmt werden konnte. Bei seitlicher Beleuchtung und dann auch mit freiem Auge erkannte man, dass die vordere Linsenkapsel in zahllose feine Fältchen gelegt war, wodurch ein derartiger irregulärer Astigmatismus gesetzt wurde.

---

[1]) S. das Nähere: Ophthalmoscopie pag. 158 - 160, 208—210.

[1]) S. pag. 139.

dass es trotz der vollkommenen Durchsichtigkeit der Linse und des Glaskörpers unmöglich war, Details des Augengrundes wahrzunehmen. Die Kranke zählt Finger auf 15", durch Convexgläser konnte eine Verbesserung nicht erzielt werden. Ist die Vorderfläche der Linse im Auge vom Kammerwasser bespült, dann haben die Falten der als Planglas wirkenden Kapsel wegen der geringen Differenz zwischen dem Brechungsindex des Kammerwassers und der vordersten Linsenschichten eine sehr untergeordnete Bedeutung, wenngleich sie sicher zur Vermehrung des irregulären Astigmatismus beim Nahesehen beitragen. Die Zunahme des irregulären Astigmatismus bei der Accommodation erklärt uns, wieso trotz möglichst genauer Accommodation z. B. im Abstande von 7" mit Einem Auge doppelt gesehen wird, während die Polyopia monophthalmica im Abstande von 14" verschwunden ist.

Der erworbene (pathologische) irreguläre Astigmatismus wird hervorgerufen durch krankhafte Veränderungen in Hornhaut, Linse und Glaskörper. Jene Erkrankungen der Hornhaut und Linse, die wir als Ursachen von regulärem Astigmatismus kennen gelernt haben, rufen in der Regel zugleich, und wie der Keratoconus, vor Allem irregulären Astigmatismus hervor. Dass zarte Glaskörpertrübungen, die das Licht noch theilweise durchlassen, auf die Formirung der den Glaskörper durchsetzenden Strahlenkegel von Einfluss werden können, wenn sie mit Aenderung des Brechungsindex des Glaskörpers einhergehen, ist einleuchtend.

Bei Linsenluxation wird, wenn der Linsenrand durch die Pupille geht, ein Bild durch die Hornhaut allein, ein zweites unter Theilnahme der Linse zu Stande kommen, welch' letzteres, da der Randtheil der Linse zugleich als Prisma wirkt, eine andere Stelle der Netzhaut einnimmt, so dass, wenn beide Bilder nahezu gleich undeutlich sind, monoculäres Doppelsehen eintritt. Die Linse wird auch Ursache von pathologischem Irregularastigmatismus bei beginnender Cataracta, indem hierbei, abgesehen davon, dass der Brechungsindex des Kernes nicht selten eine Erhöhung zu erfahren scheint, die Sectoren der Linse sich sondern, durch die Ungleichmässigkeit der pathologischen Veränderungen in ihnen jedenfalls auch die Brechkraft der einzelnen Sectoren in ungleichmässiger Weise alterirt wird. Die mitunter auffallende Abnahme des Sehvermögens bei beginnender Cataracta ist auf die pathologische Irregularität zurückzuführen. Auch monoculäres Doppel- und Vielfachsehen selbst in Distanzen, für welche die Accommodation noch richtig ist, kann man *mitunter* dabei beobachten.

Die zarten, den irregulären Astigmatismus erzeugenden, nach Entzündungen zurückgebliebenen pathologischen Veränderungen in der Hornhaut lassen sich mit freiem Auge im Tageslichte, sowie bei seitlicher Beleuchtung, bei der letzteren auch mit Loupe oder Mikroscop, und im durchfallenden Lichte bei der Augenspiegelprüfung [1]) constatiren. Interessant ist die Untersuchung der Spiegelbilder solcher Hornhäute, und in dieser Hinsicht ist die ophthalmometrische Prüfung am lehrreichsten. Bei den höchsten Graden der Irregularität sieht man statt der drei Spiegelreflexe eine Unzahl derselben von der verschiedensten Grösse und Form, die ganze Hornhaut besteht gleichsam aus lauter Facetten von verschiedener Krümmung. Ein solches Bild macht begreiflich, warum bei Abflachung einer noch zum Theile durchsichtigen Hornhaut, wie sie nach partieller Hornhautvereiterung entstehen kann, die Iridectomie so minimale Erfolge aufweist; es macht begreiflich, wie so durch ein gegen die Pupille vorrückendes, aber dieselbe nicht deckendes Pterygium das Sehvermögen manchmal in so erschreckender Weise leidet; es erklärt, dass in solchen Fällen bisweilen nach vollführter Iridectomie eine erstaunliche Polyopie eintritt, dass die Leute angeben, an Stelle Einer Flamme eine nicht zählbare Menge verschieden gestaltiger Lichter zu sehen. Andererseits wird man überrascht durch die Schärfe, mit welcher die Reflexbilder sehr häufig bei Trübungen und Gestaltsveränderungen der Hornhaut, wie sie nach Entzündungsprocessen zurückbleiben, hervortreten. Der Meridian der Hornhaut, den wir messen, kann in toto eine sehr abnorme Krümmung zeigen, aber die jeweilige kleine Stelle der Messung ist häufig in ausgezeichneter Weise regelmässig gekrümmt. Zwischen diesen beiden Extremen stehen jene Fälle, in welchen zwar von den 3 Spiegeln nur 3 Reflexe entworfen werden, die Unregelmässigkeit der betreffenden Hornhautpartie sich aber dadurch kundgibt, dass die Reflexe nicht scharf, sondern in verschiedener Art verzogen, dass sie ungleich gross sind und nicht in einer Linie oder zwar in Einer Linie stehen, aber einer solchen, die der Spiegelstellung nicht entspricht.

Bei der als Keratoconus bekannten Verbildung der Hornhaut, bei welcher im Allgemeinen die Hornhaut vollkommen durchsichtig ist, die auch keineswegs mit einer Trübung an der Spitze der Vorwölbung beginnt, ist, wenn die Verbildung eine bestimmte Höhe erreicht hat, der irreguläre Astigmatismus in hohem Grade ausgesprochen (jedoch ohne dass gewöhnlich Vervielfältigung der Reflexe eintritt), so dass Dem-

[1]) S. das Genauere in Ophthalmoscopie pag. 135 und 136, 158—160.

jenigen, der sich viel mit der ophthalmometrischen Messung pathologischer Hornhäute beschäftigt, die frappante Erscheinung nicht entgehen kann, mit welcher Schärfe die Reflexe auf getrübten und dabei auch unebenen Hornhäuten häufig hervortreten und wie sehr dieselben auf der durchsichtigen keratoconischen Hornhaut verzogen sind. Bei beginnendem Keratoconus sind die Reflexe häufig noch ganz scharf, zeigen aber doch schon nicht selten eine Anomalie der Lage. Ich will einige Fälle von Keratoconus casuistisch vorführen.

I. Beginnender Keratoconus. Anderl Wenzel, 25 Jahre alt, Schneider, gibt an, dass er nie gut in die Ferne gesehen habe, dass sich das Sehen in die Ferne seit dem 18. Jahre verschlechtert und endlich auf das Sehen in die Nähe abgenommen habe, so zwar, dass er gegenwärtig nicht mehr arbeitsfähig ist. Rechts ohne Glas $S < {}^{10}/_{200}$, mit $- {}^{1}/_{4^1/_4}\ S\,{}^{5}/_{70}$ ohne N, Links mit $- {}^{1}/_{3^1/_2}\ S\,{}^{10}/_{40}$. Rechts wird Nr. 2, links Nr. 1 Jäger zögernd auf 3" gelesen.

Der Augenspiegel zeigt hochgradige Myopie; kein Conus am Rande der Sehnerven; der Augengrund verzerrt, Bulbi härter als normal.

Beleuchtet man das Auge aus einiger Entfernung, so bemerkt man, dass die centrale Partie des roth beleuchteten Pupillarfeldes von einem ringförmigen Schatten, der seine Lage je nach der Spiegelstellung wechselt, umspielt wird. Diese eigenthümlichen Erscheinungen, welche auf Keratoconus deuten, fordern dazu auf, die Corneae, an denen man zunächst nichts Pathologisches bemerkt hatte, noch einmal uz inspiciren. Am rechten Auge konnte man jetzt eine äusserst geringe Vorwölbung, am linken aber selbst eine solche nicht constatiren. Die Hornhaut zeigt weder im Tageslichte, noch bei seitlicher Beleuchtung die Spur einer Trübung. Polyopia monophthalmica ist nicht nachzuweisen. Die ophthalmometrische Messung der Hornhautradien ergab:

Rechtes Auge.

Horizontaler Meridian: In der Blicklinie $r = 5{\cdot}89910$ M$^{m.}$.

Nach innen:	10^0 : 6·29440	Nach aussen:	10^0 : 6·11400
	15^0 : 7·09970		15^0 : 6·73115
	20^0 : 8·23175		20^0 : 7·84975
	(23^0) : 9·12925		
	25^0 : 9·72990		25^0 : 9·16890

Verticaler Meridian: In der Blicklinie $r = 5{\cdot}36610$ M$^{m.}$.

Nach oben:	10^0 : 6·87810	Nach unten:	10^0 : 5·54320
	20^0 : 9·97370		20^0 : 5·54320

Linkes Auge.

Horizontaler Meridian: In der Blicklinie $r = 5{\cdot}72030$ M$^{m.}$.

Nach innen:		Nach aussen:	3° : 5·93640
	10° : 6·11400		10° : 6·29440
	15° : 7·02570		15° : 6·69465
	20° : 8·19330		20° : 7·48075
	25° : 9·40800		25° : 8·69660

Verticaler Meridian: In der Blicklinie $r = 5{\cdot}60405$ M^{m}.

Nach oben:	10° : 6·69465	Nach unten:	10° : 6·07795
	20° : 9·97370		20° : 6·43931

Winkel γ (Winkel zwischen Blicklinie und Hornhautmitte) beträgt im rechten Auge + 10°, im linken + 3°. Die stärkste Krümmung des Horizontalmeridians liegt beiderseits in der Blicklinie. In der Hornhautmitte (rechts 10°, links 3° nach aussen von der Blicklinie) ist der Radius deutlich grösser. Lässt man, während man durch das Ophthalmometer die Hornhaut beobachtet, die Blicklinie des untersuchten Auges durch allmäliges Verschieben des Visirs den Horizontalmeridian nach innen und aussen durchlaufen, so erkennt man, dass die Abnahme der Krümmung von der Blicklinie nach rechts und links vollkommen stetig, ohne jeglichen Sprung erfolgt. Auch zwischen dem 20. und 25. Grade ist die Zunahme des Radius stetig, für's rechte Auge ist ein solcher Zwischen-Radius bei 23° angegeben.

Die Reflexe treten überall scharf hervor, zeigen jedoch im horizontalen Meridian wechselnde Abweichungen der Lage, während sie im verticalen Meridian stets in einer Verticalen stehen. Im horizontalen Meridian ist die Verbildung eine relativ regelmässige, wenngleich bei dem Umstande, dass die Radien von der stärkstgekrümmten Stelle nach rechts und links in verschiedener Weise wachsen, keine der regelmässigen Curven vorliegt. Höchst auffallend ist die Krümmung im verticalen Meridian. Während dieselbe nach unten von der Blicklinie nur wenig zunimmt, die Hornhaut in der ganzen unteren Partie abnorm stark gewölbt ist, flacht sie sich nach oben jenseits des 10. Grades sehr stark ab.

II. Einseitiger entwickelter Keratoconus.

Trojer Josefa, 46 Jahre alt, zeigte bei der 3 Jahre zuvor vorgenommenen Untersuchung, dass das linke Auge einzelne Buchstaben von Nr. 18 J. in ein paar Zoll Entfernung las, sowie dass es mit $-\frac{1}{6}$ S $\frac{8}{100}$ für die Ferne besass. Bei der neuerlichen Prüfung ergab sich, dass dieses linke Auge nach aussen schielte und nur noch Finger auf 6" zählte. Es war, wie die Patientin angibt, immer „schwächer" gewesen als das rechte. Vor 8 Jahren hatte sich eine durch 8 Wochen währende heftige Entzündung an diesem Auge eingestellt, dessen Sehvermögen seit-

dem immer mehr und mehr abnahm. Das Auge zeigt ausgesprochenen Keratoconus, welcher in der Profilansicht eine Höhe von 4 $M^{m.}$ darbietet. Die vorgewölbte Hornhaut ist aber vollkommen durchsichtig. Die Spannung des linken Auges ist im Vergleiche zu jener des rechten deutlich erhöht. Dieses letztere Auge ist normal, $S\,^{20}/_{20}$, Cornea zeigt bei der ophthalmometrischen Messung keine Abweichung. Der Radius in der Gesichtslinie beträgt 7·48075, 20° nach innen 8·07835, 20° nach aussen 7·77375 $M^{m.}$, Winkel $\gamma = + 5^0$.

Die keratoconische Hornhaut zeigt im Horizontalmeridiane: Winkel $\gamma = 0$, in der Blicklinie $r = 5{\cdot}08522$ $M^{m.}$.

Nach innen:		Nach aussen:	
10°	5·22566	10°	4·46003
15°	6·65775	15°	5·64946
20°	5·89913	20°	4·84108
30°	4·87587	30°	6·76785

Die Reflexe sind nicht scharf.

Mit dem Spiegel zeigt das Auge $M\ \frac{1}{1{\cdot}5}$, die Objecte des Augengrundes erscheinen nicht vielfach. Der ringförmige Schatten im Gesichtsfelde fehlt. Im Augengrunde fehlt das Chorioidealpigment, nach aussen an den Sehnervenrand schliesst sich ein stark pigmentirter Conus von der Höhe der Papillenbreite.

Der Fall zeigt, dass Keratoconus einseitig vorkommt, dass in dem Auge (sowie im Fall I. in beiden Augen) vorbestehende Myopie sowie Druckerhöhung da war, dass die Hornhaut in toto stärker gewölbt, die einzelnen Meridiane aber (wenigstens der horizontale) ganz unregelmässig gekrümmt waren.

III. Beiderseitiger Keratoconus, rechterseits stark entwickelt.

Rung Johanna, 25 Jahre alt, gibt an, immer kurzsichtig gewesen zu sein; es ergibt sich, dass sie auch vor ihrer jetzigen Erkrankung die Gegenstände beim Nahesehen nicht weiter als 7″ entfernt gehalten habe. Vor einem Jahre, so wird angegeben, hat die Schlechtsichtigkeit am rechten Auge begonnen, während am linken Auge vor 4 bis 6 Wochen eine nunmehr sich stetig steigernde Abnahme des Sehvermögens zuerst aufgetreten sein soll. Sorgfältige und wiederholte Prüfungen zeigen, dass am rechten Auge noch am besten mit $-\,{}^1/_{4\frac{1}{2}}$ in die Ferne gesehen, damit $S\,^{10}/_{70}$ erreicht wird. Links zeigt sich $-\,{}^1/_7$ als das beste Glas, doch ist keine grössere S als $^{10}/_{100}$ zu erzielen. In der Nähe wird mit dem linken Auge etwas besser gesehen als mit dem rechten. Das linke entziffert im Abstande von 2″ Nr. 2 J., während das rechte *in diesem Abstande* nur Nr. 3 liest.

Die Inspection des rechten Auges zeigt deutlich die kegelförmige Vorwölbung der Hornhaut, am linken Auge jedoch ist dieselbe so nicht zu constatiren. Die Hornhäute erscheinen im Tageslichte beide vollkommen durchsichtig. Bei seitlicher Beleuchtung lässt sich, wiewohl die Reflexe, welche die unregelmässig gekrümmte Hornhaut entwirft, zur grössten Vorsicht in der Beurtheilung mahnen, eine sehr zarte Trübung — nicht an der Spitze des Conus, sondern dieselbe bogenförmig nach aussen und unten umkreisend — und an diese nach aussen sich anschliessend noch eine zweite äusserst zarte nachweisen. Im linken Auge jedoch ist von einer Hornhauttrübung absolut nichts zu finden.

Bei der Spiegelbeleuchtung erscheint ungefähr in der Mitte der Hornhaut eine von einem kreisförmigen, wechselnden Schatten umgebene durchleuchtete Partie, innerhalb welcher das umgekehrte Bild des Augengrundes sichtbar wird. Bei einer bestimmten Stellung des Auges und des Spiegels bekommt man hierbei die Papille des rechten Auges in einer ganz ausserordentlichen Kleinheit zu Gesicht. Es lässt sich objectiv nachweisen, dass das Auge in dieser Richtung $M > 1$ darbietet. Hält man eine Convexlinse $^1/_2$ nahe vor das Auge, dann erscheint auch bei enger Pupille neben einem winzigen umgekehrten Bilde noch ein zweites stark vergrössertes, wie man es bei hoher Hypermetropie zu sehen gewohnt ist. Beide Bilder sind verzerrt, doch ist so viel deutlich, dass kein Conus an die Papille sich anschliesst. Das linke Auge entwirft auch ein umgekehrtes Bild. Ist die Papille in der Mitte des Gesichtsfeldes, so zeigt das Auge in dieser Richtung $M \frac{1}{3\ ^1/_2}$. Auch in diesem Auge ist kein Conus, die Papille dagegen auffallend deutlich im umgekehrten Bilde sichtbar. Eine erfolgreiche Untersuchung im aufrechten Bilde lässt sich weder rechts noch links ausführen. Die Spannung beider Bulbi ist deutlich erhöht, rechts ist sie höher als links.

Die ophthalmometrische Prüfung wurde im horizontalen Meridian vorgenommen. Links konnte man noch mit 3 Spiegeln arbeiten, rechts jedoch nur mit zweien.[1]) Die Reflexe waren verzerrt, an einer Stelle des rechten Auges, die nicht in den Bereich der Messung gezogen wurde, vervielfacht. Winkel γ war rechts $= 5^0$, links $= 0^0$.

Rechtes Auge: In der Blicklinie $r = 5{\cdot}89913\ M^m$.

---

[1]) S. pag. 580.

Nach innen:	10^0 : 3·25433	nach aussen:	10^0 : 3·74147
	15^0 : 8·99120		15^0 : 3·60186
	20^0 : 12·58160		20^0 : 3·96930
	30^0 : 12·76140		30^0 : 11·91740

Linkes Auge: In der Blicklinie $r = 5 \cdot 43694$.

Nach innen:	10^0 : 6·91505	nach aussen:	10^0 : 6·91505
	15^0 : 7·81190		15^0 : 7·81190
	20^0 : 8·54085		20^0 : 8·73565
	30^0 : 10·01460		30^0 : 8·23175

Im rechten Auge ist die Unregelmässigkeit des Hornhautmeridians colossal, im linken hingegen ist von der Blicklinie, die hier zugleich durch die Meridianmitte geht, die Hornhaut nach aussen und innen bis zu 20^0 in einer regelmässigen Curve gekrümmt, wenn wir den Umstand vernachlässigen, dass jedes einzelne Stückchen dieser Curve uneben ist.

Die vorgeführten Augen zeigen uns das verschiedene Verhalten der Cornea bei Keratoconus. Die Cornea ist entweder in toto stärker gekrümmt (Fall II), oder im centralen Theile stärker gekrümmt, im peripheren abgeflacht Die zweite Form des Keratoconus ist die gewöhnliche; dass der Uebergang der stärker gewölbten Partie in die flache durch eine wirkliche concave Einknickung der Hornhautoberfläche erfolgen würde, habe ich nie beobachtet, es kann daher auch der eigenthümliche Schatten bei Keratoconus nicht darauf beruhen. Allerdings kommt, wie ich mich überzeugt habe, der Schatten nur bei der zweiten Form des Keratoconus vor, der Grund für denselben aber liegt darin, dass wenn man ungefähr in der Richtung der Kegelaxe Licht in's Auge wirft, die von einem beleuchteten Punkte des Augengrundes kommenden Strahlen zum Theile auf die stark abgeflachte Hornhautpartie fallen und aus dieser divergent austreten, während die auf den centralen Theil der Hornhaut fallenden Strahlen stark convergiren. Zwischen beiden Strahlenbündeln liegt ein Raum, in welchem kein Licht austritt. Auch wenn die convergirenden Strahlen sich überkreuzt haben, so bleibt doch noch bis zu einem bestimmten Abstande vom Auge eine strahlenfreie Strecke. Lässt man dagegen das Licht auf die Seitenfläche des Conus (Kegel ist nicht im mathematischen Sinne zu nehmen) auffallen, dann tritt Licht nur in divergenten Strahlen aus dem Auge aus, es erscheint dabei kein Schatten.

Wir haben hier nur vom Keratoconus in optischer Hinsicht zu sprechen, doch sei in Betreff der Aetiologie der Erkrankung darauf hingewiesen, dass in den vorgeführten 5 Augen vorbestehende Myopie bestand und die Bulbusspannung erhöht war.

Was die Therapie des irregulären Astigmatismus anlangt, so wäre in Betreff des angeborenen zu erwähnen, dass, indem man den regulären Astigmatismus corrigirt, dadurch die Sehschärfe hebt und so die Arbeitsweite hinausrückt, damit also die zur Arbeit nöthige Accommodation wesentlich verringert, indirect der irreguläre Astigmatismus, der ja mit der Accommodation wächst, verringert wird, so dass es sogar dadurch möglich wird, monoculäres Doppelsehen in der Arbeitsweite zu heilen. Vom erworbenen Astigmatismus hat der von der Hornhaut herrührende die grösste praktische Bedeutung. Bei centralen Hornhauttrübungen und Facetten kann man versuchen, das Licht von den schlecht gekrümmten Stellen fern zu halten und nur die relativ bestgekrümmte Partie des der Pupille gegenüber liegenden Hornhautstückes zur Bildung des Netzhautbildes zu verwenden.

Man kann das in der Art versuchen, dass man vor das Auge eine dunkle Platte, welche an geeigneter Stelle eine kleine rundliche oder schlitzförmige Oeffnung enthält, eine sogenannte stenopäische Brille (Donders) vorsetzt oder das man die schlecht gekrümmten Hornhautpartien durch Tätowirung (v. Wecker) ganz undurchsichtig macht. Eine stenopäische Brille wird nur ihre Anwendung beim Sehen in die Nähe finden können. Wegen der sehr starken Einengung des Gesichtsfeldes, welche selbst falls die Platte dem Auge möglichst nahe gehalten wird, nicht ausbleiben kann, kann ein solcher stenopäischer Apparat für beständig auf der Strasse nicht getragen werden, wohl aber als Lorgnette. Falls man durch Tätowirung den optischen Fehler ein für allemal möglichst beseitigt, sind auch für die Ausdehnung des Gesichtfeldes die relativ günstigsten Bedingungen gesetzt. Wenn man bei diaphanen centralen Hornhauttrübungen Iridectomie oder Iridesis ausführt, um den Lichtstrahlen durchsichtige Partien der Hornhaut darzubieten, so ist die trübe oder unregelmässige Partie der Hornhaut, hinter welcher sich die Pupille befindet, zu tätowiren, ebenso ist die Tätowirung am Platze, wenn nach Iridectomie durchsichtige Theile der Hornhaut, die vor der neugebildeten Pupille liegen, stark unregelmässig gekrümmt sind. Indem man diese letzteren tätowirt, kann man die Erscheinungen des irregulären Astigmatismus wesentlich vermindern, dadurch die Sehschärfe heben.

Was den Keratoconus anlangt, so ist wohl zu unterscheiden, ob man es mit einer bereits ständigen oder noch progressiven Verbildung zu thun hat. Im letzteren Falle ist eine Correction des optischen Fehlers nicht zu versuchen, weil nur die momentane Indication erfüllt werden könnte. Da muss man bedacht sein, einen Heilungsmodus

gegen den Keratoconus einzuleiten. In dieser Hinsicht scheint noch die besten Resultate das v. Graefe inaugurirte Verfahren zu geben, welches darauf beruht, dass man durch Etablirung eines centralen Hornhautgeschwürs (mittelst Abtragung der oberflächlichsten Schichten an der Spitze des Conus und nachfolgender Lapistouchirung) eine centrale Narbenbildung, dadurch narbige Contraction und Abflachung der stark gedehnten und prominirenden Hornhautpartie herbeizuführen versucht. Bader, Bowman und v. Wecker haben das Verfahren modificirt. Der Erste hat ein centrales Stück aus der Hornhaut mit dem Messer, der Zweite mit einem Trepan entfernt (später jedoch nicht mehr durch die ganze Dicke die Hornhaut trepanirt); v. Wecker hat nach Herstellung eines centralen Geschwürs den Geschwürsgrund wiederholt geschlitzt (wie solches Sämisch beim Ulcus corneae serpens zuerst vollführte). Gegen das zurückbleibende, wenn zu grosse centrale Leucom, beziehungsweise gegen das Leucoma adhaerens wird Iridectomie in Anwendung gebracht, das Leucom aus cosmetischen Rücksichten tätowirt. Wir handeln hier nicht von Pathologie und Therapie der Augenkrankheiten, daher genüge dieser Hinweis [1]).

Ist der Keratoconus ständig, hat man sich durch ophthalmometrische Messungen überzeugt, dass die Verbildung der Hornhaut seit längerer Zeit Halt gemacht hat, dann kann man ein optisches Verfahren einleiten. Auf gut Glück lässt sich freilich eine Pupillenverlagerung nicht vornehmen. Man muss mit dem Ophthalmometer die best gekrümmte Stelle der Hornhaut aufsuchen und hinter diese durch Iridesis die Pupille verlagern.

Wenn einmal zufällig ein durch die Pupille gehender Hornhautmeridian sich als gut gekrümmt erweisen würde, dann könnte auch eine in dieser Richtung angelegte Katzenpupille, erzeugt durch doppelte, entgegengesetzte Iridesis (Bowman) von Nutzen sein. Allein das ungefährlichste und beste Verfahren wäre jenes, wenn man hinter der gut gekrümmten Hornhautpartie Iridectomie machen und dann den centralen Theil der Hornhaut, sowie auch einen etwa störenden peripheren tätowiren würde. Von Cylindergläsern sieht man, wie schon früher erwähnt, bei Keratoconus in der Regel keine Leistung. Doch

---

[1]) S. v. Graefe, Archiv für Ophthalmologie, XII. 2. 1866, pag. 215. Bader, Report of the fourth intern. Ophthal. Congress held in London 1872, pag. 29. Sölberg—Wells, ibidem, pag. 31. Bowman, ibidem, pag. 180. Masselon, Annales d'oculistique, 1874, tome 71, pag. 121; 1875, tome 73, pag. 124.

muntern die Resultate, welche Thomson nach mühseliger Untersuchung einiger Fälle von Keratoconus mit Cylindergläsern erhalten hat [1]), dazu auf, die Versuche mit Cylindern an Keratoconischen mit etwas grösserer Ausdauer zu betreiben.

Fünfundzwanzigste (Schluss-) Vorlesung.

Presbytie, Accommodationslähmung. Mydriatica und Myotica. Brillen und andere Instrumente. Historische Bemerkungen. Nachträge.

Meine Herren! Die Besprechung der Axen- und Refractionsfehler des Auges haben wir endlich zu Ende geführt. In dieser letzten Vorlesung haben wir noch das Restirende aufzuräumen und zunächst die Veränderungen der Accommodation, wie sie mit fortschreitendem Alter auftreten, abzuhandeln.

Donders hat gezeigt, dass die Accommodationsbreite von der frühesten Zeit, von welcher an man Untersuchungen über diesen Gegenstand anstellen kann, abnimmt (so zwar dass diese Abnahme durchaus stetig und allmälig erfolgt), im 30. Jahre nur noch die Hälfte jener im 10. Jahre beträgt und zu keiner Zeit eine plötzliche Abnahme zeigt, bis endlich im hohen Alter $\frac{1}{A}$ ganz verschwunden ist. Nach Donders ist $\frac{1}{A}$ mit 10 Jahren $= {}^{9}/_{24}$, mit 15 Jahren $=$ fast ${}^{8}/_{24}$, mit 20 Jahren $= \frac{6^{2}/_{3}}{24}$. Im 25. Jahre ist sie auf $\frac{5^{1}/_{2}}{24}$, im 30. auf $\frac{4^{1}/_{2}}{24}$, im 35. auf $\frac{3^{2}/_{3}}{24}$ gesunken. Mit 40 Jahren erreicht sie kaum ${}^{3}/_{24}$, mit 45 Jahren übersteigt sie kaum ${}^{2}/_{24}$ und ist im 55. Jahre bereits auf ${}^{1}/_{24}$ gesunken, um dann noch weiter abzunehmen, doch zeichnet Donders noch für das 80. Jahr des Emmetropen eine von ${}^{1}/_{24}$ wenig verschiedene Accommodationsbreite. Diese Veränderungen der Accommodationsbreite treffen in ziemlich gleicher Weise das hypermetropische und myopische, wie das emmetropische Auge. In den ausgezogenen Curven der Fig. 61 [2]) findet sich eine graphische Darstellung der Accommodationsbreite, wie sie Donders für ein schwach myopisches Auge gegeben hat, nur dass

[1]) Transact. of the Amer. ophth. soc. 1874. pag. 132.

[2]) Pag. 492.

im hohen Alter eine geringere $\frac{1}{A}$ verzeichnet wird, wie für den Emmetropen, was übrigens in Donders' Angaben für diesen Gegenstand nicht begründet ist. Die jeweilige Lage des Nahepunktes wird von der Lage des Fernpunktes abhängig sein. Ein Emmetrop wird daher seinen Nahepunkt im 10. Lebensjahre in $2\,^2/_3$", im 20 in $3\,^3/_5$", im 30. in $5\,^1/_3$", im 40. in 8", im 45. in 12" haben. Indem sich dann im hohen Alter (nach Donders, wie wir gesehen haben [1]), relativ frühzeitig) Emmetropie in Hypermetropie umwandelt, kommt es endlich dahin, dass der vorhandene Accommodationsrest nicht mehr hinreicht, um diese erworbene Hypermetropie zu decken. Das Auge, das in den Kinderjahren in einer grösseren Nähe als einer solchen von 3" deutlich sah, kann jetzt selbst in die unendliche Entfernung nicht mehr deutlich sehen, es ist absolut hypermetropisch geworden.

Im hypermetropischen Auge wird bei der gleichen Accommodationsbreite, wie sie das emmetropische Auge besitzt, der Nahepunkt entsprechend dem Grade der Hypermetropie vom Auge weiter abliegen, während beim Myopen das Entgegengesetzte der Fall ist. Für die gewöhnlichen Beschäftigungen des Lesens und Schreibens, welche erfordern, dass man noch mindestens in einem Abstande von 12" dauernd arbeiten könne, wird sowohl der jugendliche Hypermetrop eines bestimmten Grades mit normaler Accommodationsbreite untauglich sein, als auch der alternde Emmetrope untauglich werden, und die gleiche Untauglichkeit wird sich bei einem Emmetropen oder geringgradigem Myopen finden, der an Accommodationsparese leidet. Alle diese Individuen können die kleineren Objecte nicht so stark annähern, als es im Interesse der nöthigen Grösse des Netzhautbildes erforderlich wäre.

Die deutsche Laiensprache bezeichnet sie alle als weitsichtig, ihren leicht erkennbaren Fehler als Weitsichtigkeit. Das Wort Weitsichtigkeit bedeutet, dass nur in die Weite, aber nicht in die für gewöhnliche Beschäftigungen nothwendige Nähe gesehen wird, so wie Kurzsichtigkeit so viel besagt, dass das Auge nur in die Nähe, aber nicht in die Weite deutlich sieht. Will man die Weitsichtigkeit, welche sich in Folge der im zunehmenden Alter regelmässig abnehmenden Accommodationsbreite entwickelt, wissenschaftlich von jener trennen, an welcher einerseits Hypermetropie, anderseits Accommodationslähmung schuld ist, so kann man dies mit Hilfe eines geeigneten Ausdruckes thun. Derselbe findet sich schon seit mehr als 2000 Jahren vor.

[1]) S. *pag.* 227.

Aristoteles nämlich unterscheidet bereits den μύωψ vom πρεσβύτης, er unterscheidet die Augen die zwar in die Nähe, aber nicht in die Ferne sehen, von den Augen der Alten (ὁ πρεσβύτης heisst nichts anderes als der Greis), welche die Gegenstände vom Auge weit abhalten müssen, wenn sie dieselben erkennen wollen. Der Ausdruck: Myope, myopisch und Myopie ist auch in die wissenschaftliche Sprache übergegangen; und dem Ausdrucke des Aristoteles entsprechend wird man den weitsichtigen alternden Menschen einen Presbyten, die Weitsichtigkeit desselben Presbytie, seine Augen presbytisch nennen, wie die französische Sprache in der That diese Nomenclatur aufweist. Die gewöhnlich gebräuchlichen Worte: Presbyop, Presbyopie, presbyopisch sind ungriechisch und da nicht, wie für Hypermetropie, Emmetropie u. s. w. die Nothwendigkeit einer neuen Wortbildung vorliegt, so kann man dieselben bei Seite lassen. Nur wird man begreiflicher Weise, nachdem man einmal das Wesen der Presbytie wissenschaftlich gekennzeichnet hat, unter Presbytie nicht eine de facto im vorrückenden Alter auftretende Weitsichtigkeit, sondern ganz allgemein die im Alter abnehmende Accommodationsbreite verstehen, denn sonst könnte nur der Emmetrop presbytisch werden, da der Hypermetrop gewissen Grades schon in der Jugend weitsichtig ist und der Myope gewissen Grades es auch im Alter nicht wird. Es ist ebenso klar, dass sich die Presbytie nicht durch einen Linsenwerth ausdrücken lässt, wie man dies für die sogenannte Refraction des Auges, sowie für die Accommodationsbreite mit dem besten Erfolge gethan hat. Würde bei einer bestimmten Altersgrenze die Accommodation plötzlich bedeutend abnehmen, dann hätte man noch eher einen Anhaltspunkt für die wissenschaftliche Unterscheidung der Presbytie, aber da dies, wie gerade Donders gezeigt hat, nicht der Fall ist, so kann von wissenschaftlicher Seite nur die jeweilige Accommodationsbreite, wenn es nöthig ist, angegeben werden. Will man den Eintritt der Presbytie praktisch dann statuiren, wenn die Abnahme der Accommodationsbreite dem Individuum bei seiner Beschäftigung unbequem wird, so lässt sich auch da ein bestimmter Werth nicht aufstellen. Wenngleich ich schon vom Hypermetropen ganz absehe und zunächst vom Emmetropen sprechen will, so wird der Bauer, der sich absolut mit Nahearbeit nicht beschäftigt, in diesem Sinne gar nicht presbytisch, der Handwerker, dessen Arbeit eine grobe ist, wie der Schlosser, Schmidt werden es zu einer späteren Zeit werden als derjenige, dessen Beschäftigung in Lesen und Schreiben besteht und die Augen dieses Letzteren bleiben doch wieder länger von der Presbytie verschont, als die Augen jener, deren Aufgabe z. B. die Verfer-

tigung feiner Handarbeiten, das Setzen kleiner Schrift u. dgl. ist. In dieser Weise macht sich die Presbytie nicht blos beim Myopen des mindesten, sondern auch vorgerückteren Grades unter Umständen geltend. Ein Myope mit $M\,{}^1/_8$, der Uhrmacher oder Graveur ist, vermag, solange seine Accommodation beträchtlich ist, ohne Glas, ohne Loupe in Abständen von 3" und darunter zu arbeiten; wenn aber seine Accommodationsbreite im Alter abnimmt, wenn bei einer $A = {}^1/_{12}$ der Nahepunkt nach 5" gerückt ist und noch früher wird auch er presbytisch, d. h. es reicht seine Accommodation für die Nahebeschäftigung nicht mehr aus.

Die Grundsätze, welchen Donders in Betreff der „Presbyopie" huldigt, könnte ich nicht zu den meinigen machen. Donders lässt die Presbyopie dann beginnen, wenn der binoculäre Nahepunkt jenseits 8" gelegen ist. Jene Convexlinse, welche zu der, die sich das Auge noch durch Accommodation zuzulegen vermag, hinzugerechnet, eine Linse ${}^1/_8$ gibt, also den Nahepunkt auf 8" bringt, stellt nach Donders die Presbyopie dar. Ist also zu diesem Zwecke ${}^1/_{24}$ nöthig, dann besteht $Pr\,{}^1/_{24}$, denn den Augen fehlt zu $\frac{1}{A} = {}^1/_8$ eine Linse ${}^1/_{24}$ und dieses Minus der Accommodation, auf $\frac{1}{A} = {}^1/_8$ als Einheit bezogen, ist die Presbyopie. Diese Definition der Presbyopie hat, so wie sie einerseits nicht in der Natur der Sache begründet ist, andererseits nicht einmal die Praxis für sich, indem man durchaus nicht sagen kann, dass dem Presbyten im Allgemeinen jene Convexlinse zu verordnen ist, mit welcher der Nahepunkt auf 8" gebracht wird. Wiewohl Donders das ganz Unpassende des folgenden Vorgehens erkannte, so lässt er doch aus praktischen Gründen Presbyopie nicht zu, sobald $M\,{}^1/_8$ besteht, weil ja dann der Nahepunkt nicht über 8" hinausrücken kann, solche Augen in des Wortes gewöhnlicher Bedeutung nicht weitsichtig werden können. Allein ein solcher Vorgang ist von Donders' Seite nach keiner Richtung hin gerechtfertigt.

Wenn Donders bei Hypermetropen Presbyopie dann beginnen lässt, wenn die neutralisirten Augen ihren Nahepunkt jenseits 8" haben, so erfordert immerhin die Analogie, dass auch das neutralisirte myopische Auge in Vergleich gezogen werde. Allein, was viel wichtiger ist, ist der Umstand, dass die Donders'schen Myopen thatsächlich presbyobisch werden, denn Donders verordnet ja den Myopen *nicht blos bis* $M\,{}^1/_8$, sondern sogar bis $M\,{}^1/_5$ neutra-

lisirende Brillen zum Tragen für die Ferne wie für die Nähe. Diese Myopen werden daher thatsächlich presbyopisch, indem sie in einem bestimmten Alter mit ihren Brillen nicht mehr die Nahearbeit verrichten können, die eintretende Presbyopie ist für sie von eminenter praktischer Bedeutung und das Ausschliessen der Presbyopie bei $M \gtreqless 1/8$ ist um so unverständlicher, als Donders gegen diese Persbyopie der Myopen gerade so optische Hilfsmittel verordnet, wie gegen die Presbyopie der Nichtmyopen.

Zu welcher Inconvenienz übrigens diese Trennung der Presbyopie denn doch auch wissenschaftlich führt, hat man gar nicht so selten bei alten Myopen zu sehen Gelegenheit. Ist die Myopie beider Augen nicht gleich, besteht z. B. am rechten Auge etwa $M\,1/12$, am linken $M\,1/8$ oder höhere, ist die Accommodation schon wesentlich beschränkt, so dass der Nahepunkt des ersteren Auges jenseits 8″ gelegen ist, dann müsste man nach Donders die Diagnose machen: Rechts Myopie und Presbyopie, links Myopie ohne Presbyopie, aber mit seniler Accommodationsbeschränkung.

Presbytie wird gesetzt durch senile Accommodationsbeschränkung. Eine bestimmte Grenze für den Beginn der Presbytie gibt es ebensowenig als sich dieselbe durch einen Linsenwerth ausdrücken lässt. Die Presbytie gewinnt individuell dann eine praktische Bedeutung, wenn die senile Accommodationsbeschränkung der individuellen Nahebeschäftigung hinderlich wird.

Wenn wir die Erscheinungen der Presbytie besprechen wollen, müssen wir uns demnach auch an einen speciellen Fall halten. Doch zum Verständniss dieser immerhin eigenthümlichen Erscheinungen sei zunächst Folgendes bemerkt.

Es ist klar, dass die von frühester Jugend an bemerkbare Abnahme der Accommodationsbreite nicht in einer Abnahme der Kraft des Accommodationsmuskels ihren Grund haben kann. Es ist, wie Donders hervorgehoben, einleuchtend, dass der Ciliarmuskel seine Kraft beibehält, ja ich bin überzeugt, dass er wie alle übrigen Muskeln mit der Entwicklung des Körpers an Kraft zunimmt und erst im höheren Alter mit den übrigen Muskeln wieder an Kraft verliert. Da also nicht im bewegenden, so muss im bewegten Theile die Ursache der in Rede stehenden Thatsache liegen. Sie liegt darin, dass die Linse von der Geburt an an Consistenz gewinnt, daher immer weniger flexibel wird, so dass der Ciliarmuskel eines 20jährigen Auges, wie wohl er eine absolut grössere

Kraft besitzt, doch nicht jene Linsenveränderung hervorzubringen im Stande ist, die der schwächere Muskel im 10jährigen Auge hervorbringen kann. Würde die Linse zu einer festen Masse erstarren, so wäre ja das Auge trotz des kräftigsten Ciliarmuskels accommodationslos und wird es ja auch thatsächlich, wenn wir die Linse aus dem jugendlichen Auge entfernen, ohne den Ciliarmuskel im geringsten zu beeinträchtigen. Wenn man die Accommodationsbreite durch einen Linsenwerth ausdrückt und diesen letzteren in gleich grosse Unterabtheilungen bringt, z. B. in lauter vierundzwanzigstel Linsentheile, so soll dadurch offenbar die Leistung des Ciliarmuskels gekennzeichnet und ausgedrückt werden, dass je eine vierundzwanzigstel Linse einer bestimmten, constanten Arbeit des Ciliarmuskels entspricht. Es ist aber, wie schon einmal erwähnt wurde [1]), die $^1/_{24}$ Linse nicht eine Function einer bestimmten Leistung des Ciliarmuskels. Im jugendlichen Auge hat es einen Nutzen, wenn der Muskel sich der Contractionsgrenze nähert, weil die Linse hinlänglich flexibel ist, so dass die fortschreitende Contraction des Ciliaris zwar keine proportionale, aber doch noch immerhin eine wesentliche Zunahme der Accommodationsbreite herbeiführt. Der jungendliche Hypermetrop sucht daher durch äusserste Contraction des Accommodationsmuskels von nahegelegenen Objecten deutliche oder möglichst deutliche Netzhautbilder zu gewinnen, in Folge dessen ermüdet er bei der Nahearbeit. Der Presbyte befindet sich aber in einer ganz anderen Lage. Donders gibt für ein Alter von 47—48 Jahren eine Accommodationsbreite $^1/_{12}$ an. In praxi ist dies richtig, thatsächlich aber nicht. Der Presbyte von 48 Jahren vermag sich eine Linse $^1/_{12}$ ohne besondere Anstrengung des Accommodationsmuskels zuzulegen, diese Accommodationsbreite ist durchaus nicht das Resultat der äussersten Muskelcontraction. Die Gestalt der Linse lässt sich ohne besondere Muskelleistung soweit verändern, dass von einem 12″ entfernten Punkte deutliche Netzhautbilder entworfen werden, aber wenn nun der Versuch gemacht wird, stärker zu accommodiren, so ergibt sich, dass eine selbst bis zur äussersten Grenze fortschreitende Contraction des Ciliarmuskels die Gestalt der Linse nur so wenig weiter zu ändern vermag, dass gegenüber dieser äussersten Leistung, welche rasch zu Ermüdungserscheinungen führen würde, ein praktischer Erfolg nicht erzielt wird. Der Presbyte verschmäht es daher, seinen Accommodationsmuskel zur stärksten Leistung anzuspannen, denn er hat von dieser Arbeit nicht den Nutzen, den der jugendliche Hypermetrope aus derselben zieht,

[1]) S. *pag. 81.*

der Presbyte verfällt daher in der Regel nicht in Asthenopie. Das Verhalten der Accommodationsbreite im zunehmenden Alter illustrirt in greller Weise, wie wenig bestimmte, gleiche Bruchtheile der $\frac{1}{A}$ repräsentirenden Linse gleichwerthig sind. Wenn ein Presbyte von 12 auf 10 Zoll accommodirt, so ist die Linse $^1/_{60}$, welche sich das Auge dabei zulegt, vorausgesetzt, dass im Abstande von 10″ der äusserst erreichbare Nahepunkt liegt, sicherlich gleichwerthig der 5mal stärkeren Linse, die dasselbe Auge sich zulegt, wenn es von ∞ bis auf 12″ accommodirt. Adamük und Woinow haben beobachtet, dass die Accommodation für die Nähe in alternden Augen unter gleichsam zuckenden Bewegungen der Krümmungsflächen der Linse erfolgt; sie glaubten auch gefunden zu haben, dass sich die hintere Linsenfläche bei älteren Individuen stärker krümmt, als bei jugendlichen, was aber nach Schöler und Mandelstamm, sowie nach Reich nicht richtig sein dürfte.

Es wird nach dem eben Gesagten das Verhalten der presbytischen Augen begreiflich. Sobald der Nahepunkt merklich über jene vom alternden Auge relativ leicht erreichbare Grenze hinausgerückt ist, werden Objecte, zu deren deutlichem Erkennen eine stärkere Annäherung nothwendig ist, nicht mehr scharf wahrgenommen, weil ihre Bilder hinter die empfindende Netzhautschicht fallen. Da es sich demnach um ein Sehen durch Zerstreuungskreise handelt, so wird die Störung bei jener Gelegenheit zunächst hervortreten, bei welcher Zerstreuungskreise sich am empfindlichsten bemerkbar machen. Wenn wir den Presbyten z. B. bei den gewöhnlichen Beschäftigungen des Lesens verfolgen, so wird sich ergeben, dass nachdem das Buch in letzterer Zeit weiter als gewöhnlich vom Auge abgehalten worden war, es dann am Abend mit dem Lesen nicht mehr recht gehen will. Anfangs hilft sich der Presbyte noch dadurch, dass er eine Kerze zwischen Buch und Auge hält, das Licht dem Buche möglichst nähernd, bis auch dieses Auskunftsmittel versagt. Jene Druckschrift, die sich am Abend und in der Dämmerung als widerspänstig erweist, bietet im hellen Tageslichte noch keine besondere Schwierigkeit, wenngleich der Presbyte helles Licht aufsucht und um die Distanz zwischen Buch und Auge möglichst zu vergrössern (die dabei stattfindende Senkung des Blicks [1]) kommt bei den eigenthümlichen Accommodationsverhältnissen des Presbyten kaum in Betracht) den Kopf in den Nacken zurückbiegt. Kleinere

[1]) S. pag. 542.

Druckschrift erzeugt bei Tage dieselben Beschwerden, wie die grössere des Nachts. Zerstreuungskreise sind unter allen Umständen da und werden daher beim Betrachten von Objecten gewisser Feinheit selbst unter den günstigsten Verhältnissen störend. Indem sie aber bei geringer Beleuchtung wegen Erweiterung der Pupille an Durchmesser zunehmen, verhindern sie Abends das Erkennen von Gegenständen, die zu erkennen bei Tage noch möglich ist. Mit der Zunahme der Presbytie, d. h. mit der Abnahme der Accommodationsbreite wird die Sehstörung in der Nähe immer bedeutender und je nach der Beschäftigung des Individuums würde durch dieselbe, einen gleichen optischen Bau des Auges vorausgesetzt, in verschiedenem Lebensalter der Nahearbeit ein Ziel gesetzt, wenn nicht Convexbrillen dem erlöschenden Accommodationsvermögen hilfreich beispringen könnten.

Was die Wirkung der Convexgläser bei Presbytie anlangt, so charakterisirt Donders das Sehen der Presbyopen von jenem der Hypermetropen dadurch, das Letztere bei der Nahearbeit zwar deutlich sehen, dabei aber ermüden, während Erstere zwar nicht ermüden, aber nicht deutlich sehen, so dass Convexgläser beim Hypermetropen durch Beseitigung der Asthenopie, beim Presbyopen hingegen durch Hebung der Sehschärfe ihre Wirkung äussern. Es ist dies principiell richtig, nur muss man sich hinzuzufügen beeilen, dass beim asthenopischen Hypermetropen, indem dessen Hypermetropie für die Nahearbeit sehr häufig nicht facultativ ist, durch Convexgläser sehr häufig auch die Sehschärfe gehoben wird, während andererseits, was wir jetzt hervorheben wollen, im Beginne der Presbytie nicht selten asthenopische Beschwerden da sind, so lange, bis die Individuen erkannt haben, dass sie von der starken Anspannung der Accommodation einen zu geringen Vortheil haben. Man wird dem Presbyten Convexgläser geben, wenn sich das Bedürfniss darnach einstellt, d. h. wenn für die individuelle Nahebeschäftigung die Sehschärfe nicht mehr ausreicht, wodurch angezeigt ist, dass die Augen für einen wesentlich entfernteren Punkt eingestellt sind, und zwar wird man das schwächste Convexglas geben, mit welchem in der Arbeitsweite vollkommen deutlich gesehen wird. Die Präscription der Gläser für Presbyten ist eine wesentlich andere, als für Hypermetropen. Bei den letzteren, die immer zu viel accommodiren, besteht die Aufgabe, die stärksten Convexgläser, die vertragen werden, zu geben, um mit Aussicht auf Erfolg gegen die asthenopischen Beschwerden vorzugehen.

Beim Presbyten, der im Allgemeinen gar nicht übermässig accommodirt, entfällt diese Rücksicht, es besteht nur die Rücksicht für die

Hebung der Sehschärfe. Desshalb lässt man den Presbyten bei Tage noch ohne Brillen arbeiten, so lange er genug sieht, während man demselben Presbyten für die abendliche Arbeit bereits eine Brille verordnet, weil er am Abend zu wenig sieht. Desshalb verordnet man auch, wenn bei Tage Brillen bereits nothwendig sind, bei Tage schwächere als für den Abend. Es ist nicht nöthig, den optischen Fehler zu corrigiren, sonst müsste man ja in diesem Falle auch bei Tage Convexgläser verordnen, da ja doch nicht mehr ohne Zerstreuungskreise gesehen wird. Wenn wir dem Hypermetropen möglichst starke Convexgläser geben, so müssen wir den Nachtheil, dass die betreffenden Augen nach kurzer Zeit ohne Brille viel schlechter sehen, mit in den Kauf nehmen, weil mit schwächeren Gläsern die Asthenopie nicht zu beheben ist, ja die stärksten Gläser, die zur Verwendung kommen können, mitunter leider zur Hebung der Asthenopie nicht ausreichen.

Wenn wir dagegen dem Presbyten, der nicht an Ermüdungserscheinungen leidet, stärkere Gläser geben, als jene sind, welche die nöthige Deutlichkeit des Netzhautbildes herbeiführen, oder wenn wir ihm zur Zeit, da er für seine Nahebeschäftigung noch genug sieht, überhaupt Gläser geben, so nehmen wir dem trägen Accommodationsmuskel unnöthiger Weise Arbeit ab, wir beschleunigen gleichsam die Presbytie, und Augen, die sonst noch eine Zeit lang unbewaffnet hätten wirken können, verlieren rasch durch die Brillen diese Fähigkeit, sowie zur Zeit, da Brillen schon nothwendig sind, zu starke Gläser die Leistung der unbewaffneten Augen vorzeitig abschwächen. Dass die Anwendung sogenannter „Conservationsbrillen“ (Convexbrillen), welche ehe noch irgend ein Bedürfniss vorhanden ist, schon in Gebrauch gezogen werden sollen, um das Entstehen der Presbytie überhaupt zu verhindern, verwerflich sei, ist demnach leicht begreiflich. Der Nutzen solcher Gläser ist ein trügerischer. Sie verhindern allerdings, dass die Beschwerden der Presbytie sich einstellen, aber es ist offenbar, dass sie die Entstehung derselben beschleunigen.

Bei der Auswahl der Nahegläser für alte Leute werden noch zwei Punkte in Berücksichtigung gezogen, nämlich das Auftreten von Hypermetropie und die Abnahme der Sehschärfe. Die Hypermetropia acquisita hat für das wirklich emmetropische Auge eine sehr untergeordnete Bedeutung, nur im höchsten Alter tritt sie einigermassen hervor; die Hypermetropie, die vor den 50er Jahren sich bemerkbar macht, ist originär [1]). Wenn man übrigens dem Presbyten rein empirisch

[1]) S. pag. 227.

das passende Glas für die Nähe aussucht, so ist ja eigentlich ganz gleichgiltig, ob er noch emmetropisch oder schon geringgradig hypermetropisch ist, ja ganz gleichgiltig, welche Refraction seine Augen überhaupt haben. Die Kenntniss dieser letzteren ist für die Auswahl der Nahegläser nicht nothwendig. Eine grössere Wichtigkeit scheint der im Alter hervortretenden Abnahme der Sehschärfe zuzukommen. Wir sprechen natürlich nicht von pathologischen Defecten des Sehvermögens, sondern nur von dem Altersdefect. Es wurde früher hervorgehoben[1]), dass es nicht gerechtfertigt scheint, die Sehschärfe eines 80jährigen nur mit $^1/_2$ anzunehmen, Cohn hat sogar bei der Untersuchung von 100 Greisen des Dorfes Schreiberhau, die in einem Alter von 60 Jahren aufwärts standen, gefunden, dass die Sehschärfe noch im 80. Jahre durchschnittlich grösser als 1, sogar wesentlich grösser, nämlich $^{26}/_{20}$ war. Die abnehmende Sehschärfe kann selbstverständlich die Erfüllung der Aufgabe, dem Presbyten in der Arbeitsweite durch Convexgläser das deutliche Sehen herzustellen, unmöglich machen, sowenig als dem Hypermetropen durch Convexgläser oder dem Myopen durch Concavgläser das deutliche Sehen in eine bestimmte Entfernung bei der Nahearbeit ermöglicht werden kann, wenn die Sehschärfe zu gering ist. Wenn man aber die gewöhnlichen Beschäftigungen, in specie die des Lesens und Schreibens in Betracht zieht, so kommt die im Alter sich geltend machende Sehschärfeverminderung kaum in Betracht, denn gesetzt, es fiele S auf $^1/_2$, so genügt doch noch $S\ ^1/_2$, um gewöhnliche Druckschrift in der gewöhnlichen Leseweite von circa 12″ zu lesen und auch, um in solcher Entfernung zu schreiben.

Von der Ansicht ausgehend, dass $\frac{1}{A}$ eine förmliche Function des Lebensalters darstelle, mit Berücksichtigung des Umstandes, dass das emmetropische Auge im Alter in einem bestimmten Grade hypermetropisch werde und dass dessen Sehschärfe in bestimmter Weise abnehme, hat Donders eine Scala aufgestellt, in welcher, je nachdem im Momente noch Emmetropie besteht oder ursprünglich Emmetropie bestand, die einem bestimmten Alter entsprechenden Nahegläser verzeichnet sind. Donders hat damit ein Verfahren reactivirt, über dessen In-Vergessenheit-Gerathen schon vor mehr als 300 Jahren Klage geführt wird. Schon Maurolycus gedenkt im Jahre 1554 der guten alten Zeiten, in welchen die Brillen mit der einem bestimmten Alter entsprechenden Zahl gezeichnet waren. „Ich erinnere mich“ heisst es,

[1]) S. pag. 148.

„dass die Brillenverfertiger einstens einen solchen Fleiss, eine solche Aufmerksamkeit bekundet, dass sie mit eingravirten Zeichen das Alter, für welches die Brillen passend sein sollten, durch die Zahl der Jahre kennzeichneten. Das wird heutzutage freilich meistens vernachlässigt [1]).“ Wiewohl ich nicht glaube, dass irgend ein Augenarzt sich der Donders'schen Scala bedient, wenn er einem Presbyten Gläser auszusuchen hat; wiewohl leicht zu zeigen wäre, dass man ohne Scala viel schneller das richtige Glas findet, als mit Benützung derselben, so möchte ich doch auf deren unrichtige Grundlage hinweisen. Nicht darin liegt der wesentliche Fehler, dass eine solche Scala überhaupt nicht aufzustellen ist, weil man sich doch leicht überzeugen kann, dass die Accommodationsbreite für ein bestimmtes Alter durchaus keine vollkommene Constanz zeigt, daher Individuen desselben Alters und mit dem gleichen Baue der Augen denn doch (ganz abgesehen davon, dass die Distanz der Nahearbeit eine individuelle ist) hinlänglich verschiedene Gläser für die Nahearbeit brauchen — sondern der Fehler liegt darin, dass in Rücksicht auf die mangelhafte Sehschärfe die Gläser so stark genommen werden, dass die „deutliche Sehweite“ mit den Jahren von 14 bis auf 7“ reducirt wird. Gesetzt, es hätte ein Greis von 80 Jahren wirklich nur halbe Sehschärfe, so müsste seine Aufgabe darin bestehen, stets Diamantdruck (Jäger Nr. 1) zu lesen, denn für diese Schrift wäre ihm eine deutliche Sehweite von 7“ erforderlich, da sie von Augen mit $S = 1$ auf 14“ gelesen wird; für gewöhnliche Druckschrift aber braucht, wie schon gesagt, auch bei $S = 1/2$ die deutliche Sehweite nicht hereinzurücken. Und ist wirklich die Sehschärfe bei einem Greise soweit herabgesetzt, dass er nur in 7“ gröbere Objecte erkennen kann, glaubt man denn, dass derselbe durch eine einfache Convexbrille, welche ihn für einen ca. 7“ abstehenden Punkt zu convergiren nöthigt, eine irgendwie nennenswerthe Arbeitsdauer mit beiden Augen zu erlangen vermag, dass er auf 7“ Abstand dauernd zu convergiren im Stande ist?

Ohne das Alter und die Refraction des Presbyten genau zu kennen, wird man leicht das richtige Arbeitsglas finden, wenn man von schwachen zu stärkeren Gläsern übergehend prüft, welches zuerst die grösste Deutlichkeit des Objectes zu erzeugen vermag und sich überzeugt, dass ein stärkeres Glas die Deutlichkeit der Wahrnehmung in der Arbeitsweite nicht weiter steigert. Der Geübtere wird allerdings einen Anhaltspunkt dafür kennen lernen, mit welchem Glase er zu beginnen hat, und dieser

[1]) Photismi de lumine et umbra. Neapoli, 1611. pag. 79.

Anhaltspunkt liegt in der Nahesehschärfe, welche die Augen bei der gewöhnlichen Tagesbeleuchtung darbieten — natürlich vorausgesetzt, dass man es mit reiner, einfacher Presbytie zu thun habe. Wenn Jemand da noch Nr. 1 Jäger unrichtig, aber doch zur Noth liest, dann wird er bei Tage für gewöhnliche Druckschrift noch kein Glas, am Abend circa $^1/_{60}$ brauchen; wenn nur noch Nr. 2 Jäger entziffert wird, ist für den Tag circa $^1/_{60}$, für den Abend $^1/_{40}$ erforderlich; wird nur Nr. 4 J. noch gelesen, dann ist ungefähr $^1/_{20}$ das richtige Glas u. s. f. Man glaube nicht, dass man zunächst immer die schwächsten Gläser zu verordnen habe. Die Scheu vor dem Arzte oder vor dem Brillentragen ist nicht selten so gross, dass die Leute erst Hilfe suchen, wenn die Presbytie schon in hohem Grade hinderlich ist. Wenn man mit zunehmendem Alter die Gläser verstärkt, so kann man zunächst die Abendbrille zur Tagbrille avanciren lassen und für den Abend stärkere Gläser geben.

Was die Abnahme der Sehschärfe in die Ferne anlangt, so darf man nicht vergessen, dass dieselbe im fortschreitenden Alter auf dem Hervortreten vorbestehender oder dem Auftreten erworbener Hypermetropie beruhen kann, daher Convexgläser beim Sehen in die Ferne zu versuchen sind. Die die Hypermetropie corrigirenden Gläser können dann ohneweiters als Fernbrillen verordnet werden.

Was die Presbytie der Ametropen in praktischer Beziehung betrifft, so hat dieselbe weder für den Hypermetropen gewissen Grades, noch auch für den Myopen bestimmten Grades, welcher Brillen nach den früher entwickelten Grundsätzen trägt, eine praktische Bedeutung. Der Beginn der Presbytie gibt sich weder dem Einen noch dem Anderen kund. Der Hypermetrop ist von Jugend an gewohnt, Brillen bei der Nahearbeit zu tragen und diese Brillen nach einigen Jahren immer zu verstärken — die Abnahme der Accommodationsbreite im vorrückenden Alter ändert an diesem Verfahren nichts. Der Myop hingegen, dessen Arbeitsweite im Fernpunkt gelegen ist oder der mit Concavgläsern arbeitet, dessen Accommodation also bei der Nahearbeit nicht zur Verwendung kommt, wird durch das Abnehmen und endliche Verschwinden der Accommodation in der Nahearbeit nicht gestört. In der That sind jene Augen beneidenswerth, die mit ca. $M^1/_{12}$ noch bis in das höchste Alter ohne jegliches Glas lesen und schreiben können — ihre Sehschärfe reicht aus, um im Abstande von circa 12″ bis an's Lebensende gröbere Objecte zu sehen. Ebenso behält der höhergradige Myop, der Concavgläser für die Nähe trägt, dieselben Gläser (von der progressiven Myopie ist dabei natürlich abgesehen)

durch's ganze Leben. Wenn im hohen Alter die Sehschärfe sich abnorm verringern sollte, so verfahre man nach den Regeln, die für Myopie mit geringer Sehschärfe überhaupt gelten [1]); mit der Abnahme der Accommodation aber haben diese Verordnungen nichts zu thun.

Die Presbytie gewinnt jedoch eine allgemein praktische Bedeutung bei Myopie niederen Grades. Der Umstand, dass geringgradige Myopen relativ spät presbytisch werden, ist wahrscheinlich dadurch zu erklären, dass jene Augen, die schon Anfangs oder Mitte der vierziger Jahre einer Glasunterstützung bedürfen, zwar Emmetropen im klinischen, aber nicht im wirklichen Sinne, vielmehr geringgradige Hypermetropen sind. Die wirklich emmetropischen Augen werden bis in's 50., ja selbst bis in's 55. Jahr ohne Gläser arbeiten. Wenn aber erst gegen das 60. Jahr Beschwerden bei der gewöhnlichen Nahearbeit auftreten, dann besteht sicher geringe Myopie. Die Gläserwahl ist nicht verschieden von der bei Emmetropie. Dass unter bestimmten Umständen die Presbytie auch beim Myopen höheren Grades eine praktische Bedeutung gewinnt, wurde schon früher erwähnt [2]). Dass die (stationäre) Myopie im höheren Alter wirklich abnimmt, wie sie es müsste, wenn analoge Veränderungen im dioptrischen Apparat des Myopen wie in jenem des Emmetropen vor sich gehen, davon konnte ich mich bisher thatsächlich nicht überzeugen [3]). Wenn alte Myopen (nur Myopen geringen Grades bemerken etwas Derartiges) wirklich besser in die Ferne sehen als früher, so hat dies in der Verengerung der Pupille, die man bei alten Leuten sehr gewöhnlich beobachtet, und der dadurch gesetzten Verkleinerung der Zerstreuungskreise ihren Grund.

Man spricht auch von vorzeitiger oder für ein bestimmtes Alter zu weit vorgeschrittener Presbyopie. Da die beginnende Presbytie ausschliesslich in dem Härterwerden der Linse, aber nicht in einer Schwäche des Accommodationsmuskels ihren Grund hat, so kann folgerichtig von vorzeitiger oder abnormer Presbytie nur gesprochen werden, wenn die Linse vorzeitig oder abnorm hart wird. Es trifft dies wirklich ein bei beginnender Cataracta. Dagegen ist die Accommodationsbeschränkung, die sich bei Glaukom schon im Prodromalstadium entwickeln kann, nicht vorzeitige oder abnorme Presbytie, wenngleich das Leiden alternde Augen befällt, sondern einfach die Folge einer Parese des Accommodationsmuskels.

---

[1]) S. pag. 408. — [2]) S. pag. 813. — [3]) S. pag. 493

Wir werden mit dieser letzten Aeusserung dazu geleitet, von der durch das fortschreitende Alter gesetzten Accommodationsbeschränkung, (dem endlichen Accommodationsverluste), die zunächst in dem Härterwerden der Linse begründet ist, zu jener Accommodationsbeschränkung uns zu wenden, die auf Parese des Accommodationsmuskels beruht. Das Gebiet der Pathologie haben wir hier allerdings nicht zu betreten und desshalb wollen wir, ohne uns in langathmige physiologische und pathologische Erörterungen zu verlieren, uns kurz fassen.

Die senile Accommodationsbeschränkung führt endlich zum Accommodationsverluste, an dem schliesslich allerdings auch die nachlassende Kraft des Muskels Schuld trägt. Die krankhafte Accommodationsbeschränkung kann sich auch zum vollständigen Accommodationsverluste steigern, sowie andererseits die einfache Verminderung der Energie des Ciliarmuskels das Vorspiel zur wirklichen Parese bildet.

Sehen wir zunächst von dem Einflusse der Pupillenerweiterung, welche die Paralyse des Brücke'schen Muskels gewöhnlich begleitet, ab, so wird der Hypermetrope, der mit parallelen Gesichtslinien seine Hypermetropie noch ganz oder zum Theile zu decken vermag, durch die Muskellähmung (in Folge der Paralyse der den Ciliaris versorgenden Fasern des Oculomotorius) am meisten behindert. Trifft das Leiden beide Augen, so wird nicht blos in die Nähe, sondern auch in die Entfernung schlecht gesehen, eine hochgradige Amblyopie vorgetäuscht. Beim Emmetropen wird nur das Sehen in die Nähe aufgehoben, für die Entfernung wird es nicht gestört. Der Myop endlich wird, so lange seine Myopie geringgradig ist, auch die Störung bei der Nahearbeit sofort gewahr werden, während er in die Entfernung mit und ohne Brillen sowie früher zu sehen fortfährt. Der Myope höheren Grades, der in der Nähe ohne Accommodation oder mit Hilfe von Concavgläsern arbeitet, erfährt weder beim Fern- noch beim Nahesehen eine Behinderung. Er wird allerdings bemerken, dass er mit der Fernbrille, mit der er doch, wenngleich er sie nicht zur Nahearbeit verwendet, in die Nähe sehen konnte, dies jetzt nicht mehr vermag und dass er die Objecte jetzt nicht mehr so stark annähern kann wie früher — aber eine wirkliche Behinderung der Nahearbeit ergibt sich nicht. Wäre er verurtheilt, mit neutralisirenden Gläsern in der Nähe zu arbeiten, dann würde natürlich dieselbe hochgradige Störung wie beim Emmetropen eintreten, doch ist kaum denkbar, dass ein Myop nicht selbst sofort das richtige Heilmittel im Ablegen der Brille finden sollte.

Auch die einseitige Paralyse erzeugt wesentliche Beschwerden. Dem Hypermetropen wird schon das Sehen in die Ferne in Folge der

Ungleichheit der Netzhautbilder beider Augen durch eine eigenthümliche Undeutlichkeit oder „Blendung“ erschwert; er wie der Emmetrope und der Myope geringen Grades erfahren eine wesentliche Störung beim Nahesehen. Die ungleichen Netzhautbilder stören den Sehact so, dass nur bei Verschluss des mit der Lähmung behafteten Auges die Nahearbeit möglich ist — ausser es hätte zuvor kein gemeinsamer Sehact bestanden. Den Myopen, dem die beiderseitige Paralyse nichts macht, wird auch die einseitige nicht alteriren.

Die Lähmung der den Accommodationsmuskel versorgenden Oculomotoriusfasern geht gewöhnlich mit der Lähmung der Fasern des Oculomotorius einher, welche den Sphincter pupillae innerviren. Die Sphincterlähmung charakterisirt sich durch mässige Erweiterung, aber vollkommene Starrheit der Pupille. Die mässige Erweiterung ist nicht zu übersehen, wenn einseitige Lähmung da ist, da die Pupille des gesunden Auges enger ist. Die letztere hat nicht etwa die gewöhnliche Weite, sondern sie ist wegen der Erweiterung der anderen Pupille enger als normal, so dass, ehe die Lähmung des Sphincter constatirt ist, gefragt werden könnte, ob die erstere Pupille abnorm weit, oder die letztere abnorm enge ist — eine so wenig excessive Erweiterung wird durch einfache Sphincterlähmung gesetzt. Das Verhalten der Pupille kann aber bei Accommodationslähmung nach zwei Richtungen abweichen. Einmal kann Ciliarmuskellähmung ohne Sphincterlähmung da sein. Ich selbst habe Fälle bei Kindern gesehen, in welchen die Reaction der Pupillen vollkommen erhalten war. Anderseits kann die Erweiterung der Pupille eine abnorme sein, sie kann maximale Grade annehmen — wie nach Atropinwirkung. Das sind jene Formen zumeist, die von den älteren Aerzten als Mydriasis beschrieben wurden. Diese Mydriasis ist in jedem Falle ein merkwürdiges Leiden, da es sich dabei zum Unterschiede von der einfachen Lähmung des Sphincter (Mydriasis paralytica) gleichzeitig um active spastische Contraction des Dilatator pupillae (Mydriasis spastica) handeln muss. Die Pupillenerweiterung stört die Sehschärfe bei Accommodationslähmung, aber nicht blos desshalb, weil durch sie die Zerstreuungskreise in den undeutlichen Netzhautbildern eine Vergrösserung erleiden. Es leidet häufig z. B. die Fern-Sehschärfe des Emmetropen und des neutralisirten Ametropen trotz der möglichst deutlichen Retinabilder. Es rührt dies daher, dass der reguläre, vor Allem aber der irreguläre Astigmatismus sich bei der erweiterten Pupille geltend macht.

Zeigt die Accommodationsparese geringere Grade, dann wird wenn beide Augen betreffend, beim geringgradigen Myopen, beim

Em- und Hypermetropen zu Erscheinungen der accommodativen Asthenopie führen und es ist klar, dass zur Hervorrufung accommodativer Asthenopie die Parese um so geringfügiger zu sein braucht, je schwächer die sogenannte Refraction der Augen ist. Die geringgradige einseitige Parese wird nicht selten ohne Schaden für die Nahearbeit ertragen.

Die einfache Energielähmung des Ciliarmuskels endlich gibt gleichfalls unter Umständen zu accommodativer Asthenopie Veranlassung [1]).

Die Diagnose der Accommodationslähmung bietet keine Schwierigkeiten. Wird man nicht schon durch die Veränderung der Pupille zur Diagnose geführt, so kann doch selbst dem Mindergeübten die Wesenheit des Leidens kaum entgehen. Das Individuum kommt, sagen wir ganz allgemein, mit der Klage über Schlechtsehen. Man macht die Fernprüfung. Es zeigt sich, dass S ohne Gläser normal oder nahezu normal ist (wenn die Augen emmetropisch sind). Ist S für die Ferne gering, dann geht man ja ohnehin immer so vor, dass man untersucht, ob durch Concav- oder Convexgläser Besserung eintritt. So kann Einem die bestehende Hypermetropie oder Myopie bei normaler oder nahezu normaler Sehschärfe nicht entgehen. In der Nähe wird aber nur Nr. 14 Jäger, oder eine grössere Schrift gelesen. Dieses Missverhältniss zeigt die Accommodationslähmung an und, indem durch entsprechende Convexgläser das Sehvermögen auch für die Nähe in einer der Fernsehschärfe entsprechenden Weise steigt, ist das Vorhandensein von Accommodationslähmung erwiesen. Sollte bei Kindern wegen mangelnder Intelligenz das etwaige Vorhandensein von Hypermetropie bei der subjectiven Prüfung übersehen werden, so wird der Umstand, dass der Augenspiegel keine pathologischen Veränderungen im Augengrunde, aber Hypermetropie erkennen lässt, auf die richtige Spur führen.

Ebensowenig wird, wenn die Lähmung geringen Grades, beziehungsweise die Refraction höher ist und desshalb noch relativ kleinere Schriften gelesen werden, ein Irrthum möglich sein — falls der Untersucher mit der Diagnose von Hypermetropie vertraut ist. Die Diagnose der einfach zur Asthenopie führenden Grade von Accommodationslähmung sowie der Herabsetzung der Energie des Ciliarmuskels wurde früher gegeben.

Die Aetiologie des in Rede stehenden Leidens ist mannigfach, bleibt jedoch häufig genug dunkel. In diesen letzteren Fällen ist die Läh-

[1]) S. pag. 360, 361, 368—370.

mung meistens einseitig, kommt jedoch auch gleichzeitig oder nach einander mit oder ohne Maximalerweiterung der Pupille an beiden Augen zur Entwicklung. Sowie man zur Zeit der Erkrankung keine Ursache fürdieselbe zu ergründen vermag, so kommt auch häufig später keine Allgemeinstörung (kein centrales Leiden) zum Vorschein. In anderen Fällen wird die Lähmung als rheumatische angesehen und wirklich ist ein solcher Ursprung des Leidens mitunter nicht abzuläugnen. Veraltete Syphilis bekundet sich bisweilen als Accommodationsparalyse, meist einseitig. Ich sah in solchen Fällen andere Zeichen von Syphilis nicht mehr bestehen, wesshalb der Zusammenhang zweifelhaft bleibt. Nach Diphtheritis faucium tritt nicht selten das Leiden auf. Seitdem Donders auf dieses Factum hingewiesen hat, wird man die nach Rachendiphtheritis gewöhnlich gleichzeitig mit Bewegungsstörungen der Gaumen- und Schlundmuskeln auftretende „Sehstörung" kaum mehr verkennen. Accommodationslähmung kommt übrigens bei Kindern auch vor, nachdem nur eine geringfügige Angina vorangegangen, und zwar, wie auch ich sah, nicht blos zur Zeit und an Orten, an denen Diphtheritis herrscht. Die Paralyse des Ciliarmuskels kann ferner eine Theilerscheinung der partiellen oder totalen Oculomotoriuslähmung sein, und insofern von jenen krankhaften Processen in der Orbita, an der Basis cranii und im Gehirn abhängen, welche überhaupt zur Oculomotoriuslähmung führen. Auch im Vereine mit Abducenslähmung kommt sie vor. Ich sah selbst einen solchen Fall. Es scheint, dass da die motorischen Fasern für Ciliarmuskel und Sphincter aus dem Nervus abducens entspringen. In erschöpfenden Erkrankungen, so beim Diabetes mellitus (v. Graefe); nach langen oder schweren Krankheiten (Coccius beobachtete die Parese überhaupt nach den verschiedensten fieberhaften Erkrankungen) zeigt sich auch Parese, häufig aber nur Herabsetzung der Energie des Ciliarmuskels. Mannhardt sah periodisch wiederkehrende Accommodationslähmung (auch Mydriasis) als Ausdruck einer Intermittens larvata an. Auch bei Zahnleiden wurde Accommodationsbeschränkung beobachtet, für deren Erklärung eine intraoculäre Drucksteigerung (ausgehend von einer reflectorisch erregten Reizung der vasomotorischen Nerven des Auges) herbeigezogen wird (Schmidt).

Mit dem Gesagten ist die Aetiologie der Accommodationslähmung noch lange nicht erschöpft, und würde fast endlos, wollte man alles Das anführen, was die verschiedenen Autoren als Ursache der Lähmung im speciellen Falle ansahen. Jedoch sei noch angeführt: Die traumatische Lähmung, hervorgebracht durch die Einwirkung einer stumpfen auf das Auge selbst oder auf dessen Umgebung (einen merk-

würdigen Fall von traumatischer [indirecter] Parese, ohne Sphincterlähmung, bedingt durch einen Schuss in's Gehirn, aus welchem die Kugel erst drei Monate später entfernt wurde, berichtet Cohn); die Parese als alleiniges Zeichen sympathischer Erkrankung, schwindend nach Enucleation des durch Schuss verletzten Auges (Cohn); Parese bei Wunddiphtherie (Völckers), nach Herpes Zoster ophthalmicus (Colsmann, Arlt, Berlin); Parese in Folge von Wurstvergiftung (Höring, Scheby-Buch), von Alkoholismus, von Bleiintoxication; in Folge von Feuerarbeit (Colsmann); vorübergehender Accommodationsverlust bei plötzlicher nervöser Alteration (Hutchinson), Accommodationsschwäche während der Periode des Säugens jedesmal hervortretend (Hutchinson).

Von den wichtigeren Accommodationsstörungen sind es jene, welche nach Diphtheritis und anderen schweren, fieberhaften Krankheiten zurückbleiben, die eine günstige Prognose gestatten. Bei vielen anderen Formen der Lähmung muss man in der Prognose sehr vorsichtig sein. Ich sehe von den Fällen mit evidenter Druckursache ab, aber auch bei der traumatischen, rheumatischen, syphilitischen und aus unbekannter Ursache entstandenen Lähmung ist die Prognose durchaus nicht günstig zu stellen. Nach meinen Erfahrungen ist die vollständige Heilung einer solchen Lähmung eine wahre Seltenheit, in jedem Falle die Dauer der Krankheit eine langwierige. Hat man es mit einer frischen Lähmung aus traumatischer, oder mit oder ohne auffallende „rheumatische" Ursache zu thun, so kann die Therapie mit einer gehörigen Blutentziehung an der Schläfe der betreffenden Seite beginnen. Man kann auch noch, wenn man etwas medicina crudelis anwenden will, reizende (Veratrin-) Salben in der Umgebung des Auges, ebenso Vesicantien an der Schläfe, hinter den Ohren, im Nacken, und wenn man vertrauensselig ist, innerlich Secale cornutum oder Tartarus stibiatus geben. Ich wende diese Mittel nicht an. Von Strychnineinspritzungen erhielt ich bei Accommodationslähmung auch keinen Erfolg. Für gewisse Fälle empfiehlt Coccius eine zweimal des Tages durch 1—2 Monate anzuwendende Einträufelung einer Camphersolution im Verhältnisse von 1 : 300. Die Anwendung des constanten Stromes ist als hauptsächlichstes Mittel anzurathen. Von der Ansicht ausgehend, dass in den Nervenscheiden ein Exsudat abgelagert sei, schreitet man zur Anwendung von Jodkali, falls die Elektricität nichts gefruchtet, oder man reicht das Jodkali schon während der elektrischen Cur. Hat man einen einigermassen plausiblen Grund für die Annahme von Syphilis, so gibt man Jodkali und schreitet zur Inunctionscur, wenn das Jod nicht helfen will.

Jod und Quecksilber werden auch die Mittel sein, wenn man ein evidentes intracranielles Leiden (das seinen Sitz an der Basis cranii oder im Gehirne selbst hat) als Ursache der Accommodationslähmung zu bekämpfen versucht — doch werden nur syphilitische Gummata (vielleicht auch basale Periostitis) mitunter mit Erfolg bekämpft werden. Die Accommodationsbehinderungen nach Diphtheritis und anderen fieberhaften Krankheiten weichen von selbst oder einer einfach roborirenden Behandlung. Ueber die Anwendung des Calabars folgen später einige Worte.

Was die Verordnung von Convexgläsern während des Bestehens der Lähmung anlangt, so hat deren Anwendung keine Schwierigkeit bei beiderseitiger Paralyse oder Parese [1]). Dagegen ist ein optisches Hilfsmittel bei einseitiger Lähmung kaum zulässig. Erfahrungsmässig gelingt es nicht, ein bequemes Binocularsehen herzustellen, wenn man das gelähmte Auge allein mit einem Convexglase, oder mit einem wesentlich stärkeren Convexglase, als das gesunde (dann hypermetropische Auge) ausstattet. Wenn nicht das gelähmte Auge ohnehin durch gleichzeitige Oculomotoriuslähmung (in Folge der Ptosis oder der hochgradigen Divergenz) vom Sehacte ausgeschlossen ist — so schliesst es der Patient bei der Arbeit, er ist auf das gesunde Auge allein angewiesen. Höchstens kann er das letztere dadurch ausruhen lassen, dass er zeitweilig das gelähmte Auge allein mit Zuhilfenahme eines Convexglases verwendet. Ich würde Denjenigen nicht tadeln, der, um die Verwendung beider Augen bei der Arbeit zu ermöglichen, den Vorschlag machen würde, auch den Ciliarmuskel des gesunden Auges in entsprechender Weise durch Atropinanwendung zu lähmen. Doch meint Schweigger, dass die Patienten sich an die Ungleichheit der Netzhautbilder später gewöhnen [2]).

Ueber Accommodationskrampf wurde in früheren Vorlesungen ausführlich gehandelt. Zu den nicht typischen Fällen dieses Krampfes, wie deren manche bereits angeführt worden [3]), wären noch zu rechnen: eine Beobachtung von Lüders (1871) über Refractionserhöhung bei sympathischer Erkrankung des Auges, sowie eine analoge von Pflüger (1875) in einem Falle von Iritis serosa, in diesem letzteren aber nicht auf Krampf, sondern auf Hypotonie [4]) des Auges im Allgemeinen zurückgeführt; einige Beobachtungen Al. Graefe's, durch Hagedorn

[1]) S. pag. 369.

[2]) Augenheilkunde. 3. Aufl. 1875. pag. 75.

[3]) S. pag. 276—278.

[4]) S. pag. 461.

(1872) publicirt; Fälle von traumatischem Accommodationskrampf sahen wie Just, Berlin und Völckers (1874). Im Falle von Völckers war scheinbare $M\,^1/_{5^1/_2}$ in einem am folgenden Tage nach Atropineinträuflung wieder emmetropischen Auge. „Durch den Vergleich der Form der vorderen Kammer konnte man schon vermuthen, dass ein starker Accommodationskrampf da sei. Das ganze Linsensystem mit der Iris zusammen lag der Hornhaut sehr nahe an. Die Form der vorderen Kammer war die, wie wir sie fanden bei der stärksten Accommodationsanstrengung [1])." J. Stilling beschreibt in diesem Jahre (1875) nicht weniger als fünf Fälle von genuinem Accommodationskrampf ausführlich. Drei derselben sollen durch Supraorbital- oder Ciliarneuralgien, die selbst wieder der Ausdruck für eine Intermittens larvata sind, bedingt sein; im vierten wird von einer Spinalreizung als Ursache gesprochen; im fünften wird ein willkürlich zu erzeugender Accommodationskrampf desshalb angenommen, weil ein Hypermetrope besser sieht, wenn er mit dem Finger auf den Bulbus drückt.

Endlich sei erwähnt, dass bei Lähmung der sympathischen Fasern, die in den Bulbus eintreten, neben starker Verengerung der Pupille (Myosis), bedingt durch Lähmung des Dilatators, und neben Herabsetzung des intraoculären Druckes auch Refractionserhöhung beobachtet wurde (Nagel). In einem derartigen Falle Reuling's [2]), in welchem übrigens die Angabe über die Höhe des intraoculären Druckes fehlt, entstand $M\,^1/_{18}$, die durch Atropinwirkung auf $M\,^1/_{42}$ zurückging. Dies spricht dafür, dass die Myopie nicht eine passive, also nicht durch eine in Folge des geringeren Bulbusinhaltes verringerte Circumferenz der Zonula Zinnii bedingt war, sondern auf Accommodationskrampf beruhte, da nicht anzunehmen ist, dass durch Atropin der intraoculäre Druck erhöht wurde.

Die gewöhnlichen Formen von Accommodationskrampf bei Myopie, wie sie mit ihren Symptomen am gehörigen Orte [3]) geschildert wurden, scheinen noch wenig bekannt zu sein, wie die Publicirung eines solchen Falles in jüngster Zeit zeigt [4]).

Was die pathologische Erweiterung und Verengerung der Pupille allein ohne Störung des Accommodationsvermögens, die isolirte Mydriasis und Myosis anlangt, so kann die Mydriasis durch Blendung und auch durch Herabsetzung des Sehvermögens störend wirken. Das

[1]) Zehender's klin. Monatblätter. 1874. pag. 461

[2]) Archiv für Augen- und Ohrenheilkunde. IV. 1. 1874. pag 117.

[3]) S. pag. 485 u. f. f.

[4]) *Zehender's klin.* Monatblätter. 1875. pag. 124.

Letztere geschieht dadurch, dass die peripheren unregelmässig gekrümmten Theile der optischen Medien zur Formirung des Netzhautbildes mit verwendet werden, und in Fällen, in welchen eine höhere Unregelmässigkeit besteht, können dadurch sehr wesentliche optische Störungen zum Vorschein kommen. Radical wird das Uebel der Blendung und der Beeinträchtigung der Sehschärfe geheilt durch Tätowirung der Hornhaut, indem man zwischen dem Pupillarrande der Iris und dem Hornhautcentrum eine entsprechende ringförmige Zone der Hornhaut tätowirt, so die Pupillen verkleinert. Die Myosis kann in ihren höchsten Graden dadurch störend wirken, dass in Folge der geringen Beleuchtung der Netzhaut die Sehschärfe leidet, was besonders bei an und für sich geringer objectiver Beleuchtung auffallend sein wird. Als radicales Mittel müsste eine Excision oder Incision eines Theiles des Pupillarrandes empfohlen werden. Die Mydriasis und Myosis sind als eigenthümliche Erkrankungen, Innervationsstörungen der Iris gewiss sehr interessante Krankheiten und einer eingehenden Besprechung würdig, aber es gibt noch vieles Andere, das interessant wäre und dessen Erörterung wir meiden müssen, weil es nicht in das Gebiet der optischen Fehler gehört.

So wollen wir uns auch über die toxische Mydriasis und Accommodationslähmung, wie sie durch die sogenannnten Mydriatica hervorgerufen wird, und über die durch die Myotica erzeugte Myosis und Accommodationsanspannung möglichst kurz fassen. Das gebräuchlichste, ja bisher fast ausschliesslich in Verwendung kommende Mydriaticum ist das giftige Alkaloid der Tollkirsche, das Atropin, gewöhnlich als schwefelsaures Atropin benützt. Eine Lösung von 1 Thl. Atropinum sulfuricum auf 120 Theile Wasser stellt die sogenannte starke Atropinlösung dar. Ein Tropfen dieser Lösung (der aber durchaus nicht etwa $^1/_{120}$ Gr. Atropin, sondern einer viel geringeren Dosis entspricht) ist im Stande, in Augen mit sogenannter „gut erweiterbarer" Pupille die volle Wirkung auf Pupille und Accommodationsmuskel zu äussern. Nach einem Experimente, welches Donders an seinem Assistenten Hamer vornahm, ergibt sich Folgendes: Die Erweiterung der Pupille beginnt innerhalb der ersten viertel Stunde, erreicht ihr Maximum in 20 bis 35 Minuten, die maximal erweiterte Pupille ist vollkommen starr und unbeweglich. Nach zwei Tagen ist die Pupille wieder etwas enger geworden und ein geringer Grad von Beweglichkeit ist zurückgekehrt, Verengerung und Beweglichkeit nimmt zu, aber erst nach ungefähr 12 Tagen ist das normale Verhältniss hergestellt. Mit der Mydriasis entwickelt sich auch Accommodationslähmung, doch beginnt

das Hinausrücken des Nahepunktes etwas später als die Erweiterung der Pupille, 12 bis 18 Minuten nach der Instillation. 26 Minuten nach derselben, zur Zeit da beinahe schon Maximalerweiterung der Pupille eingetreten ist, ist die Abnahme der Accommodation noch sehr gering, schreitet aber von da an rasch, dann nach abgelaufener erster Stunde wieder nur langsam vor, bis 103 Minuten nach Beginn des Versuches der Nahepunkt mit dem Fernpunkte zusammenfällt, $\frac{1}{A}$ also Null geworden ist. Der Fernpunkt des Auges, der hiebei hervortritt, ist nach meiner Ansicht der wahre Fernpunkt, die Refraction des Auges wird also durch Atropin nicht herabgesetzt. Wenn nach 2 Tagen eine gewisse Beweglichkeit der Pupille sich wieder einstellt, ist auch eine geringe Accommodationsbreite, kaum $^1/_{48}$, wieder da, nun aber folgt bis zum vierten Tage eine ziemlich rasche Zunahme von $\frac{1}{A}$; vom achten Tage an nimmt sie nur noch sehr allmälig zu, aber erst nach eilf Tagen ist sie wieder vollständig restituirt. Schwächere Atropindosen wirken entsprechend schwächer. Bei ganz geringen Dosen erfolgt Erweiterung der Pupille, die nach ein paar Stunden ihr Maximum erreicht und nach weiteren paar Stunden, jedenfalls am folgenden Tage wieder verschwunden ist ohne oder, wie ich beobachtete, mit sehr geringer und rasch vorübergehender Abnahme der Accommodation. Die Hart'schen Atropin-Gelatin-Squares, welche $^1/_{20\cdot000}$ Gran Atropin enthalten sollen, bringen in Augen mit gut erweiterbarer Pupille noch eine sehr beträchtliche Erweiterung der Pupille und auch eine Beschränkung von $\frac{1}{A}$ hervor. Der Nutzen dieser letzteren Dosen zu ophthalmoscopischen und ophthalmometrischen Zwecken (Linsenmessung) ist einleuchtend.

Ausser dem Atropin wurde noch das wirksame Princip des Stechapfels und des Bilsenkrautes, das Daturin und das Hyoscyamin, auf die mydriatische Wirkung mehrfach geprüft. Ueber das Hyoscyamin liegen zwei Arbeiten aus letzter Zeit vor. Rosa Simonowitsch[2]) fand bei den verschiedenen Hyoscyaminpräparaten eine ungleiche, bei einzelnen eine gänzlich ausbleibende mydriatische Wirkung, aber auch das wirksamste Präparat, das dunkle amorphe Hyoscyamin in Extract-Consistenz wirkte nie so intensiv wie Atropin. Pflüger[3]) dagegen kam in Betreff eines reinen von Dr. Stierlin genau nach der Dammer-

[1]) S. pag. 239. — [2]) Archiv für A. u. O. IV. 1, 1874. pag. 1.
[3]) Ibidem V. 1, 1876. pag. 182.

schen Vorschrift bereiteten Hyoscyamins zu der Ueberzeugung, dass es die Pupille rascher und anhaltender als Atropin erweitert.

Die Myotica äussern wie die Mydriatica ihre Wirkung sowohl auf die Pupille als auf den Ciliarmuskel. Das ausgezeichnete Myoticum, welches die Wissenschaft erst seit 13 Jahren besitzt, ist das wirksame Princip der von Physostigma venenosum (Balfour) stammenden Gottesurtheils- oder Calabarbohne. 1862 hat Thomas Fraser die myosirende, 1863 Argyll Robertson die den Accommodationsmuskel zur Contraction treibende Wirkung der local applicirten Calabarpräparate entdeckt. Die physiologische Wirkung des Calabars wurde bald (1863) von Donders und von v. Graefe geprüft. Die Untersuchungen wurden mit Lösungen des alkoholischen Extractes angestellt, da man das wirksame oder die wirksamen Alkaloide des Calabars, für welche die Namen Calabarin oder Physostigmin (Jobst, Hesse) und Eserin (Vée) gebraucht werden, nicht gleich darzustellen vermochte. Das Physostigmin wirkt nach Fronmüller dreimal so stark wie das Calabarextract. Nach v. Graefe tritt der Beginn der Pupillenverengerung nach Einträufluug eines starken Extractes durchschnittlich in $9^1/_2$ Minuten ein; 10 Minuten später, (also circa 20 Minuten nach der Instillation) ist die Myosis bis auf eine nur geringe, in einer weiteren $^1/_4$ oder $^1/_2$ Stunde hinzutretende Zunahme auf ihrer Höhe angelangt, wobei in einer bestimmten Zeitperiode die Myosirung unter convulsivischen Schwankungen der Pupille erfolgt, und die Lichtreaction der Pupille auch bei ihrer grössten Verengerung, welche beim stärksten zulässigen Lichteinfalle nicht so bedeutend ausfällt, erhalten bleibt. Die Gesammtdauer der Myose beträgt im Durchschnitt drei Tage, nachdem das Höhestadium durch sechs bis zwölf Stunden angehalten. Nach Ablauf der Myose kann eine leichte Mydriasis sich vorübergehend einstellen. Die Veränderungen im Accommodationsapparate beginnen ungefähr zu derselben Zeit, wie die Myose, und haben bereits in zehn bis fünfzehn Minuten ihren Höhepunkt erreicht. Es rückt mitunter unter klonischen Krämpfen des Tensor Chorioideae sowohl der Fernpunkt als auch der Nahepunkt heran. Die durch Hereinrückung des Fernpunkts erzeugte Refractionsänderung erreicht nicht die bestehende Accommodationsbreite, beträgt in den meisten Fällen nicht viel mehr als die Hälfte derselben, in Ausnahmsfällen bleibt sie jedoch nur wenig hinter $\frac{1}{A}$ zurück, es entwickelt sich z. B. bei E und $\frac{1}{A} = {}^1/_8$ eine $M\,{}^1/_8$. Da also der Fernpunkt den ursprünglichen Nahepunkt nicht erreicht, dieser letztere aber auch hereinrückt, so kann es

nicht zur Aufhebung der Accommodationsbreite kommen, jedoch wird dieselbe, da der Fernpunkt bei entwickeltem Accommodationsphänomen stärker (im optischen Aequivalent stärker) als der Nahepunkt sich dem Auge nähert, zunächst verringert. Indem andererseits der Nahepunkt noch heranrückt, während dies von Seite des Fernpunkts nicht mehr geschieht und indem der letztere bereits zurückzuweichen beginnt, während der erstere, der Nahepunkt, unverändert bleibt, oder gar noch hereinrückt, kann es in diesem Zeitmomente, in welchem das Phänomen zurückzugehen beginnt, zu einer absoluten Vergrösserung von $\frac{1}{A}$ kommen. Der Fernpunkt verharrt, nachdem er seine grösste Annäherung erreicht, nur 20 oder 10 Minuten oder noch kürzer in dieser Lage, beginnt dann zurückzuweichen, und $1\frac{1}{4}$ bis zwei Stunden, nachdem das Accommodationsphänomen begonnen, ist es wieder ganz oder nahezu ganz verschwunden. Wenn der Fernpunkt wieder nahezu ganz seine ursprüngliche Lage eingenommen hat, so bleibt noch ein Missverhältniss zwischen Contraction der Recti interni und jener des Accommodationsmuskels zurück. Einem geringen Willensimpulse entspricht eine relativ starke Contraction des Ciliaris, so dass bei einer bestimmten Convergenz das dem Versuche unterworfene Auge für einen näheren Punkt, als den Convergenzpunkt accommodirt ist (Donders).

In geringen Dosen erzeugt das Calabar noch Myosis, wirkt aber nicht oder doch nur in höchst geringer Weise auf den Accommodationsmuskel. In etwas stärkeren Dosen kann es die Leistungsfähigkeit des Accommodationsmuskels erhöhen, ohne Spannung zu erzeugen. Es kann also zu einer Vergrösserung der Accommodationsbreite nicht blos im retrograden Stadium des Phänomens (v. Graefe) kommen, wie schon Hamer beobachtet und Krenchel neuerlich (1874) bestätigt hat. In Krenchel's Versuche blieb der Fernpunkt unverändert in 21", während der Nahepunkt von 4" 1''' bis auf 3" 3''' heranrückte.

Von Krenchel wurden auch die Untersuchungen über die Wirkung des zweiten hervorragenden Myoticums, des giftigen Alkaloids des Fliegenpilzes, des von Schmiedeberg und Koppe (1869) dargestellten und geprüften Muscarins wiederholt [1]). Aus den Versuchen geht hervor, dass das Muscarin im Gegensatze zum Physostigmin am leichtesten und schnellsten auf den Accommodationsmuskel, dagegen unsicher und langsamer (wenngleich ausdauernder) auf die Pupille wirkt, sowie dass, während das Gift der Calabarbohne zunächst erhöhte Lei-

[1]) Graefe's Archiv, XX. 1. 1874. pag. 135.

stungsfähigkeit und erst in grösserer Gabe Krampf des Accommodationsmuskels hervorruft, das Muscarin umgekehrt zunächst Spasmus erzeugend und erst später die Accommodation fördernd auftritt.

Mydriatica und Myotica wirken auf Pupille und Ciliarmuskel im Grossen und Ganzen entgegengesetzt, aber gewisse Differenzen werden Ihnen, meine Herren, nicht entgangen sein. Während die maximal erweiterte Pupille starr und unbeweglich ist, behält die maximal verengte ihre Reactionsfähigkeit. Während das Atropin, ohne den Fernpunkt zu beeinflussen, den Nahepunkt bis zum Fernpunkt hinausrückt, und so die Accommodation vernichtet, rückt unter der Herrschaft des Calabarins nicht blos der Fernpunkt, sondern auch der Nahepunkt heran, so dass es niemals zum Verluste des Accommodationsvermögens kommt. Auch bei der Anwendung des Muscarins geht, entgegen den Angaben von Schmiedeberg und Koppe, nach Krenchel die Accommodation nie ganz verloren.

Die Wirkung der Mydriatica und Myotica auf Pupille und Ciliarmuskel ist noch von einigen Nebenerscheinungen begleitet. Dem Auge mit abnorm erweiterter Pupille erscheinen die Gegenstände heller, dem mit abnorm verengter dunkler als dem intacten Auge. Die Pupille des letzteren verengert sich bei Mydriasis, erweitert sich bei Myosis des anderen Auges, weil bei einer bestimmten Intensität des einfallenden Lichtes der Flächeninhalt beider Pupillen wenn möglich gleich gross erhalten wird, so die Summe des in beide Augen einfallenden Lichtes sich gleich bleibt. Dem Auge, dessen Accommodation durch Atropin geschwächt, aber nicht aufgehoben ist, so dass es also unter unverhältnissmässiger Kraftanstrengung noch accommodiren kann, erscheinen die Objecte kleiner, dem myosirten Auge dagegen grösser als gewöhnlich, beziehungsweise als dem andern nicht unter dem Einflusse des Giftes stehenden Auge. Die Micropsie nach Einwirkung der Belladonna wurde, ich weiss nicht, ob zuerst, aber bereits von Johannes Müller (1826) [1]) vollkommen genau beschrieben und von Donders dadurch erklärt, dass, da die scheinbare Grösse eines Objects nicht blos nach der Grösse des Netzhautbildes, sondern auch nach der Grösse der aufgewendeten Accommodation beurtheilt, daher das Object um so kleiner geschätzt wird, je näher es ist, also je mehr Accommodation bei gleich grossem Netzhautbilde angewendet wird, dass, sage ich, wegen der Accommodationsparese für eine bestimmte Entfernung stärker accommodirt, daher das Object näher, desshalb kleiner geschätzt wird. Wenn dagegen durch Calabar das Terrain der Accommodations-

[1]) Zur Physiologie des Gesichtssinnes pag. 199 und 200.

breite von ∞ bis 6″ so verschoben wird, dass es etwa von 8 bis 4″ reicht, so entspricht einem Abstande von 8″ keine Accommodation, während früher für 8″ Entfernung $\frac{1}{A} = \frac{1}{8}$ aufgewendet werden musste. Das in 8″ gelegene Object wird daher entfernter und desshalb grösser gehalten. Zu erwähnen wäre noch, dass die willkürlichen Contractionen des unter der Calabarwirkung stehenden Accommodationsmuskels sehr schmerzhaft werden können, sowie dass eine eigenthümliche Abnahme der Sehschärfe während der Entwicklung des Accommodationsphänomens wahrscheinlich auf die klonischen Krämpfe des Muskels und die dadurch beständig wechselnde Deutlichkeit der Netzhautbilder (von Objecten, die in einer bestimmten Distanz liegen) zurückzuführen ist. Die Micropsie bei Atropinwirkung hat eine gewisse praktische Bedeutung. Es kommt gar nicht selten vor, dass Individuen, denen man in Ein Auge wegen einer Erkrankung Atropin instillirt, mit der sie beunruhigenden Klage kommen, dass sie mit dem gesunden Auge alles kleiner sehen. Man wird wissen, dass diese Erscheinung darin ihren Grund hat, dass etwas Atropin aus dem kranken in das gesunde Auge gewischt wurde. Die Pupille braucht dabei, da die Vergleichung mit der des anderen Auges fehlt, keine auffallende Erweiterung, übrigens auch keine besondere Bewegungsträgheit zu zeigen

In Betreff der Einwirkung des Calabars, wenn es als locales Antidot gegen das Atropin angewendet wird, hat v. Graefe gefunden, dass, wenn die äusserste Atropinwirkung hervorgerufen wurde, das Calabar, bald darauf in Anwendung gebracht, ganz unwirksam ist, dagegen fand Donders auch unter solchen Verhältnissen eine vorübergehende Wirkung des Calabars, wie sie v. Graefe erst bei schwächerer oder sich schon abschwächender Atropinwirkung constatirte. Die Calabarwirkung ist der Atropinwirkung intercalirt, doch nimmt nach v. Graefe das ganze Atropinphänomen bei consequenter Anwendung des Myoticums ein rascheres Ende. Die Wirkung des Calabars jedoch (v. Graefe), sowie die des Muscarins (Krenchel) wird durch eine starke Dosis von Atropin ohne Wiederkehr aufgehoben.

Was die Anwendung der Mydriatica und Myotica auf dem Gebiete der optischen Fehler anlangt, so hat das Atropin als Bekämpfer des Accommodationskrampfes bereits in früheren Vorlesungen eingehende Würdigung gefunden. Es hat sich dabei herausgestellt, dass der Accommodationskrampf ein sehr hartnäckiger Gegner des Atropins sein, ja im Kampfe mit seinem mächtigen Feinde sogar anwachsen kann (Hock). Zur Verbesserung des Sehvermögens kann die durch

angewendete, geringe Dosen bewirkte Erweiterung der Pupille beitragen, wenn dichte centrale Hornhaut- oder Linsentrübungen vorhanden sind; das Atropin findet daher auch seine Verwendung in einem bestimmten Stadium der senilen Cataracta, in welchem die peripheren Linsenpartien noch eine relative Durchsichtigkeit aufweisen. Zu optischen Zwecken, zum Zwecke der Pupillenverengerung kann auch das Calabar in geringer Dosis angewendet werden, wenn das Centrum der Hornhaut frei, aber dessen Umgebung diffus getrübt; wenn in Folge von Trübung und unregelmässiger Krümmung der Hornhaut oder von Keratoconus bedeutender irregulärer Astigmatismus gesetzt; wenn nach Staaroperationen nur das centrale Gebiet der Pupille rein, von Staarresten frei ist; um bei Linsenluxation eines der beiden Bilder, die da auftreten können, verschwinden zu machen (v. Graefe, Donders); um bei Coloboma iridis die Pupille zu verengern (Talko). Endlich ist klar, dass durch Verengerung der Pupille und die dadurch gesetzte Verkleinerung der Zerstreuungskreise Ametropie und Refractionsfehler überhaupt zum Theile corrigirt, also sowohl Myopen und nicht facultative Hypermetropen, als auch Astigmatiker dadurch besser sehen werden. Unter den letzteren Verhältnissen stehen uns Brillen zu Gebote, unter den ersteren wird eine andauernde Wirkung durch Hornhauttätowirung erzielt, durch die man mit, oder ohne gleichzeitige Iridectomie, dem speciellen Falle gemäss, die enge Pupille anlegen kann.

Es bleibt nur noch zu besprechen übrig, inwiefern das Calabar sich der insufficienten Accommodationswirkung, sowie der pathologischen Erweiterung der Pupille gegenüber als Heilmittel erweist. Ich spreche bei der Leistung in Betreff des Accommodationsmuskels im Allgemeinen von insufficienter Accommodation, denn bei Hypermetropie wird die Accommodation ungenügend, ohne dass Herabsetzung der Energie oder Lähmung des Ciliarmuskels da wäre. Schon Donders sagt, dass Hypermetropen unter dem Einflusse des Calabars für einige Zeit ihre Asthenopie verlieren, weil sie den doppelten Vortheil kleiner Zerstreuungskreise und erleichterter Accommodation geniessen. Doch ist klar, dass dadurch zwar die Wirkung des Accommodationsmuskels während der Einwirkung des Giftes für einige Zeit in unnatürlicher Weise erhöht, aber die Asthenopie, die in Hypermetropie allein ihren Grund hat, nicht geheilt werden kann. Wenn neben Hypermetropie mangelhafte Energie oder Parese des Ciliaris eintritt, dann kann allerdings mit der Rückkehr des Muskels zur Norm die Asthenopie vorderhand bei einem gewissen Grade der Hypermetropie schwinden, und eine unter solchen Umständen erfolgende Heilung der Asthenopie bei einer Cala-

bartherapie könnte Täuschungen herbeiführen, sowie es Täuschung wäre, wenn man glaubte, dass Asthenopie in Folge des systematischen Gebrauches immer schwächerer Convexgläser geheilt werde [1]). Es ist desshalb etwas befremdend, wenn Magnus (1874) die systematische Anwendung des Calabars zur Heilung hypermetropischer Asthenopie empfiehlt.

Hinsichtlich der Anwendung des Calabars bei Accommodations- und Sphincterlähmung ist zu bemerken, dass die unmittelbare Wirkung des Mittels bei diesen Leiden gewiss von prognostischer Bedeutung ist. Wenn durch Calabar die erweiterte Pupille oder der gelähmte Tensor überhaupt nicht mehr zur Contraction zu bringen sind, dann ist die Wahrscheinlichkeit, dass diese Leiden heilen können, gewiss sehr gering oder vielleicht gar nicht mehr in Betracht zu ziehen (v. Graefe). Etwas anderes aber ist es mit der Frage, ob das Calabar bei den genannten Lähmungen heilend wirken kann. Einen gelähmten Muskel lässt man vielleicht am besten in Ruhe, keineswegs spornt man ihn aber durch Elektricität oder ein anderes Mittel zu wiederholten äussersten Contractionen an. Wie die Versuche mit Calabar an gesunden Augen lehren, tritt nach Ablauf der Calabarwirkung eine vorübergehende Erschöpfung des Sphincter ein, die sich in leichter Pupillenerweiterung manifestirt. Umsomehr wird der gelähmte Muskel (Sphincter oder Tensor) in eine grösstmögliche Erschöpfung verfallen, wenn man ihn durch das Myoticum zu möglichster Anstrengung unnatürlich gereizt hat. Er antwortet allerdings gewöhnlich dem Reize momentan, ja ich habe sogar noch keinen Fall gesehen, in welchem das Calabar bei Mydriasis oder Tensorlähmung nicht seine Wirkung hervorgebracht hätte — aber ich habe noch keinen Fall gesehen, in welchem ich von einer heilsamen Wirkung des Calabars mich hätte überzeugen können. Bei schon etwas länger bestehenden Leiden wüsste ich mich überhaupt nicht zu erinnern, je eine vollständige Heilung bei welcher Behandlung immer eintreten gesehen zu haben, dreimal sah ich dagegen bei plötzlich entstandener Mydriasis (zweimal mit Tensorlähmung verbunden) eine gleichsam zauberische Wirkung des Calabars, die mir aber gar nicht imponirte. In einem Falle lag der Verdacht auf Atropinmydriasis vor (wiewohl von dem Patienten, einem Arzte, entschieden in Abrede gestellt); in den beiden anderen war keine Ursache zu ergründen Die Lähmung wäre wahrscheinlich in allen drei Fällen ohne Calabar auch verschwunden. In anderen frischen Fällen erhielt ich durch das Calabar keine Heilung, freilich in der Regel auch durch kein anderes Mittel. Dass diphtheritische, überhaupt postanginale Lähmungen, die von selbst heilen, auch

[1]) S. *pag. 370.*

unter Anwendung von Calabar oder von Elektricität, oder von Eisen und Chinin, oder auch etwa von Decoctum graminis in Heilung übergehen, will ich gern glauben. So wenig wie ich, so wenig wurden auch die meisten anderen Ophthalmologen von der Calabartherapie befriedigt.

Sowie die Elektricität, wenn stark reizend, bei Lähmungen schädlich wirkt, sowie andererseits die Anwendung des constanten Stromes durch sehr kurze Zeit und in solcher Schwäche, dass bei der Durchleitung desselben durch die Haut eben Empfindlichkeit, aber kein Schmerz entsteht (Benedikt), nicht schädlich wirkt, vielleicht von Nutzen ist, wenn gleich der Muskel nur sehr wenig oder nur auf sehr indirectem Wege (wie auch der Tensor und der Sphincter bei Application des constanten Stromes auf die Umgebung des Auges) angeregt wird, ebenso könnte das Calabar bei Lähmungszuständen des Sphincter und Tensor von Nutzen sein, wenn man die Muskeln nur durch geringe Dosen des Mittels, also nur schwach, aber durch längere Zeit beeinflusst (O. Becker, Rydel, Manz).

Was die Form der Anwendung der Mydriatica und Myotica anlangt, so ist die Anwendung des Atropinum sulfuricum in wässeriger Lösung sehr einfach. Bei heftigem Lidkrampf, bei welchem der eingebrachte Tropfen sofort ausgepresst wird, sind die Atropin-Gelatinplättchen anzuwenden, wie sie z. B. von Squire in London nach Streatfield's Angabe bereitet werden. 1 Square (Quadrat) der Gelatinplatten wirkt wie ein Tropfen einer Lösung von Atrop. sulf. in dem Verhältniss 1 : 240. Wird eine noch kräftigere Wirkung gewünscht, so bringt man kleine Trümmer der Krystalle von Atrop. sulf. direct in den Conjunctivalsack. Solange die Präparate des Hyoscyamins so grosse Ungleichheiten zeigen wie bisher, werden am besten die in der Apotheke des Ospedale oftalmico in Turin bereiteten Hyoscyamin-Gelatinplättchen verwendet werden. Das Hyoscyamin wäre zu verwenden, wenn eine Idiosynkrasie gegen Atropin bestände, oder wenn bei längerer Anwendung des Mittels (wie sie auf unserem Gebiete bei der Bekämpfung des Accommodationskrampfes im Verlaufe der Myopie nöthig wird) die sogenannte Atropinconjunctivitis mit oder ohne Trachomkörnerbildung sich entwickelt, das Auge dadurch gegen das Atropin zunächst absolut unverträglich wird.

Von den Calabarpräparaten werden am allerbesten die mit Calabarextract imprägnirten Gelatinen angewendet. Schon vor 11 Jahren erhielt ich in London verschiedene treffliche Gelatinen, so von Allen and Hanbury (lichtgelb), von Squire (roth), von Savory and [illegible]h Hart's Angabe (grüne Scheibchen). Diese Gelatinen er-

zeugen kein unangenehmes Gefühl im Conjunctivalsack, und ich habe bei ihrer Anwendung, die von der vollkommensten Wirkung gefolgt ist, auch nicht das von Anderen beschriebene (ich meine jedoch nicht das bei activer Contraction des Ciliarmuskels auftretende) Ciliarweh entstehen sehen. Sie behalten im Laufe der Jahre ihre Wirksamkeit und können durch Wochen und Monate applicirt werden, ohne unangenehme Sensationen im Auge oder allgemeine Erscheinungen hervorzurufen. Das Physostigmin und seine Salze werden von Jobst und Hesse für den praktischen Gebrauch nicht empfohlen, weil sowohl das Alkaloid als auch dessen Salze leicht eine Veränderung erfahren. Dagegen verwendet v. Wecker das schwefelsaure Eserin in einer Lösung 1 : 200 zur Verengerung der Pupille nach Vollendung der von ihm beschriebenen Staaroperation. Dasselbe wirkt, wie v. Wecker mittheilt, durchaus nicht reizend, scheint sich aber auch bald zu verändern, da ausdrücklich angeführt wird, dass man sich zur Erreichung einer kräftigen myotischen Wirkung einer frischen Lösung bedienen müsse [1]).

Wir nähern uns dem Ende. Ueberblicken wir, was wir noch vorzubringen haben, so liegt vor uns immer noch die Lehre von der Brillenconstruction, die Besprechung der an Stelle der einfachen Brillen unter Umständen zu setzenden optischen Vorrichtungen, eine historische Revue und endlich eine unbedeutende Nachlese jener Arbeiten, welche im Verlaufe dieser Vorlesungen erschienen sind.

In Betreff der Brillenconstruction will ich nicht Dinge vorbringen, die Jedem, der einmal eine Brille gesehen und den Auslagekasten eines Optikers beschaut hat, ohnehin geläufig sind. Das Material der Brillengläser ist Glas oder Bergkrystall. Das erstere soll farblos, ganz gleichartig, frei von Bläschen, Adern und Flecken sein, auch der Quarz muss rein, von trüben Stellen und Sprüngen frei sein und, da er doppelbrechend ist, so geschliffen werden, dass die optische Axe mit der Linsenaxe zusammenfällt. Der Bergkrystall ist viel härter als Glas, schwer zu bearbeiten, daher die Quarzbrillen theuer sind. Bei starken Gläsern kommt in Betracht, dass er eine grössere Farbendispersion besitzt als das Glas, und da Flintglas wieder stärker Licht zerstreut, als Crownglas, so haftet auch dem ersteren, trotz seiner grösseren Härte, ein Uebelstand an. Brillen aus hartem Material sind erwünscht, wenn sie bei kleinen Kindern zur Anwendung kommen, und überhaupt desshalb, weil sie an ihrer Oberfläche weniger leicht zer-

[1]) Annales d'oculistique. Tome 73.

kratzt werden, schwerer brechen, daher länger in gutem Zustande sich erhalten. Wir haben schon erwähnt [1]), dass die Erfindung des Hartglases auch einige Bedeutung hat für die Anwendung der Brillen bei Kindern. Leicht werden sich Brillen aus Hartglas übrigens nur dann herstellen lassen, wenn das Material nicht zu hart ist, um von den gegenwärtigen Schleifschaalen bearbeitet werden zu können. Es wäre auch zu bemerken, dass Savary und Mosbach in Paris bereits im Jahre 1847 ein Verfahren zur Erzeugung des Hartglases entdeckt haben, und dass sie speciell auch optisches Glas, dessen Härte derjenigen des Bergkrystalls beinahe gleich kam, verfertigten [2]).

Wenn man die Gläser der Brillen im Allgemeinen, namentlich die Convexgläser alter Leute und Staaroperirter ansieht, so findet man dieselben nicht selten in einem Schauder erregenden Zustande von Schmutz, die Oberflächen zerkratzt und ausgebrochen, während ihre Träger dabei mit den Leistungen der Gläser ganz zufrieden sind. Es ist klar, das solche Brillen nicht zu dulden sind, aber bemerken will ich das Unbehagen der Leute, wenn man ihnen reine, aus reinem Glase gefertigte Brillen vorsetzt. Ich selbst kann diese Beobachtung in gewisser Beziehung machen. Wenn ich eine Brille einige Zeit getragen und dabei auch möglichst für ihre Conservirung gesorgt habe, so ist sie doch bei genauerer Betrachtung von einer grossen Menge feiner Ritze bedeckt, ohne dass mir aber eine geringer werdende Leistung aufgefallen wäre. Nehme ich jetzt eine neue Brille mit vollkommenen Gläsern, so erzeugt sie mir zunächst jedesmal ein ganz entschiedenes Unbehagen, und ich brauche einige Tage, um mich an dieselbe zu gewöhnen. An die durch die alte Brille entworfenen, sicherlich unvollkommeneren Netzhaubilder hatten sich die Augen so gewöhnt, dass sie die schärferen Bilder zunächst nicht vertragen, während andererseits die mit der allmäligen Abnützung der Brille allmälig eintretende und wachsende optische Unvollkommenheit des Bildes nicht wahrgenommen wird. Man wird nach dem Gesagten die Klagen über die „Blendung," die eine neue Brille erzeugt, zu würdigen und zu erklären wissen, dass diese „Blendung" sich in ein Paar Tagen verlieren wird.

Nächst der Frage nach dem Materiale wäre zunächst die Frage aufzuwerfen, welche Art der sphärischen Gläser die zweckmässigste ist, ob plansphärische, homologe bisphärische oder heterologe bisphä-

---

[1]) pag. 603.

[2]) Siehe Smee, Das Sehvermögen in seinem gesunden und krankhaften Zustande. Weimar, 1853. pag. 142.

rische, also planconvexe und planconcave, biconvexe und biconcave, concavconvexe und convexconcave Gläser anzuwenden sind. Die erstgenannten (plansphärischen) sind kaum im Gebrauche, zeigen auch die grösste Aberration, die letztgenannten führen auch den Namen der positiven und negativen Menisken. Der Ausdruck: meniscus für solche Gläser dürfte von Kepler herrühren, welcher die Wirkung derselben bereits in seiner Dioptrik 1611 bespricht und bei der Darlegung der Wirkung der positiven Linse (sub CXXX) sagt: „Dicatur meniscus. Aequipollet lenti pure convexae.“ Die Menisken führen auch den Namen der periscopischen Gläser, welchen ihnen Wallaston nahezu 200 Jahre nach Kepler gab. Sieht man z. B. durch ein biconcaves Glas nach einem seitlich gelegenen Gegenstande, so sieht das Auge schief durch den Randtheil des Glases und die Folge davon ist, dass das Netzhautbild wie durch ein cylindrisches Glas verzerrt wird. Nimmt man aber einen concaven Meniscus, dessen concave Fläche man dem Auge zukehrt, so wird, weil vordere und hintere Glasfläche dem Auge eine Concavität zukehren, der Randtheil des Glases von der Blicklinie sozusagen weniger schief getroffen, daher das Bild weniger verzerrt. Von diesem leichteren Umschauen (*περισκοπεῖν*), das die Gläser gewähren, rührt ihr Name. Auf die Ausdehnung, welche das Gesichtsfeld durch die Gläser gewinnen würde, bezieht sich der Ausdruck periscopisch nicht, und kann sich auch nicht darauf beziehen, weil der negative und positive Meniscus sich in dieser Hinsicht ganz entgegengesetzt verhalten. Indem man sich nach Wallaston die Menisken aus einer Unzahl von Prismen, deren Stärke gegen die Peripherie des Glases zunimmt, zusammengesetzt denkt, so ergibt sich, dass der schief einfallende Strahl, natürlich wenn die concave Glasfläche dem Auge zugekehrt ist, weniger schief auf diese Prismen trifft, als auf die Prismen des homologen bisphärischen Glases, daher die prismatische Ablenkung der Menisken eine geringere ist. Da aber Concavgläser wegen ihrer prismatischen Wirkung das durch sie gesehene Gesichtsfeld vergrössern, Convexgläser es aus demselben Grunde verkleinern,[1]) so wird das Gesichtsfeld durch Concavgläser von schwächerer prismatischer Wirkung kleiner, dagegen durch Convexgläser von schwächerer prismatischer Wirkung grösser werden. Es wird daher der negative Meniscus dem Auge ein kleineres, der positive Meniscus dagegen ein grösseres (durch das Glas zu beherrschendes) Gesichtsfeld verleihen, als das biconcave und biconvexe Glas der entsprechenden Brennweite.

[1]) S. pag. 518—520.

Auch aus einem anderen Grunde werden die Menisken das Gesichtsfeld beeinflussen. Die beiden Haupt- (oder Knotenpunkte) der biconvexen und biconcaven Linse liegen in der Linse selbst, die beiden Hauptpunkte der Menisken liegen jedoch ausserhalb der Linse und zwar beim positiven Meniscus auf der convexen, beim negativen auf der concaven Seite. Setze ich in einem Brillengestell — $^1/_6$ biconcav vor meine Augen, dann ist die Lage des zweiten Knotenpunkts des aus Glas und Auge zusammengesetzten dioptrischen Systems unter übrigens gleichen Umständen von dem Abstande des optischen Centrums des Glases (dessen mittlerem Haupt- oder Knotenpunkte) vom Knotenpunkte des Auges abhängig. Dieser Abstand fällt aber verschieden aus, je nachdem ich in dasselbe Gestell, in den gleichen Abstand vom Auge ein biconcaves Glas — $^1/_6$ oder einen Meniscus — $^1/_6$ einfüge, denn im letzteren Falle liegen die Knotenpunkte von Glas und Auge einander näher, daher auch der zweite Knotenpunkt des Sammelsystems der Cornea näher.

Indem das optische Centrum des positiven Meniscus vom Augenknotenpunkte weiter absteht, als das des gleichwerthigen Biconvexglases, so liegt desshalb auch in diesem Falle der zweite Knotenpunkt des Sammelsystems der Cornea näher. Da aber Concavgläser das Gesichtsfeld nicht blos in Folge der prismatischen Wirkung der Randtheile, sondern auch durch Zurückrücken des zweiten Knotenpunkts vergrössern [1]), so wird der negative Meniscus, der den Knotenpunkt vorrückt, auch aus diesem Grunde das Gesichtsfeld verkleinern; die Vorrückung des Knotenpunkts durch den positiven Meniscus wird jedoch, weil die Vorrückung mit einer Verkleinerung des Gesichtsfeldes einhergeht, der Vergrösserung, die durch die verringerte prismatische Wirkung angebahnt wird, entgegenwirken. Die Theorie sagt also, dass man durch ein biconcaves Glas ein grösseres Sehfeld gleichzeitig überblickt, als caeteris paribus durch einen Meniscus derselben Stärke; sowie dass nicht unbedingt behauptet werden kann, dass man durch einen positiven Meniscus ein grösseres Gebiet übersehe, als durch das entsprechende Biconvexglas.

Ausser dem Einflusse auf das Blick- und auf das Gesichtsfeld zeigen die Menisken einen Einfluss auf die Grösse des Netzhautbildes. Menisken, mit ihrer concaven Seite dem Auge zugekehrt, geben, weil der zweite Knotenpunkt des Sammelsystems der Cornea näher liegt, grössere Netzhautbilder, als die entsprechenden homologen Bisphären;

[1]) S. pag. 519.

würde ihre convexe Seite dem Auge zugewendet, dann würde das Netzhautbild kleiner ausfallen. Bei biconvexen und biconcaven Gläsern, deren Oberflächen thatsächlich mit gleichem Radius geschliffen werden, ist es gleichgiltig, welche Seite man dem Auge zukehrt.

Was die Differenz der periscopischen und homologen bisphärischen Gläser in praxi anlangt, so ist dieselbe sehr unbedeutend. Ich habe in dieser Hinsicht an meinen Augen — $^1/_6$ biconcav und — $^1/_6$ periscopisch verglichen. Die Verzerrung der Netzhautbilder beim Sehen durch den Randtheil des Glases ist überhaupt nicht zu constatiren; die Grösse des durch das Glas gesehenen Gesichtsfeldes ist, wenn ich in das gleiche Brillengestell die beiden Gläser von gleichem Durchmesser nach einander einfüge, gleichfalls nicht differirend, ich bekomme mit jedem Glase eine Ausdehnung von 66° nach aussen, theoretisch wäre ja sogar das biconcave Glas im Vortheil. Was die Sehschärfe anlangt, so kann ich mich von einer irgendwie merkbaren Zunahme derselben durch das periscopische Glas (wie dies auch die geringe theoretische Differenz nicht anders erwarten lässt) nicht überzeugen, dagegen ist der Unterschied merkbar, wenn ich das periscopische Glas das eine Mal mit der concaven, das andere Mal mit der convexen Seite dem Auge zuwende. Für mich wäre es daher gleichgiltig, ob ich biconcave oder periscopische Brillen trage. Dass ich trotzdem stets periscopische Gläser anwende, rührt daher, weil die biconcaven die Dutzendwaare darstellen, während die periscopischen, welche auch theurer sind, aus feinerem Materiale und mit grösserer Sorgfalt gefertigt werden. Auch bei stärkeren Gläsern tritt eine wesentliche Differenz nicht hervor, doch steht der Anwendung negativer Menisken nichts im Wege. Bei den starken positiven Menisken ist zu bedenken, dass das Centrum des Glases ungebührlich dick ist. Bei der theoretischen Empfehlung periscopischer Staarbrillen von Seiten Berlin's zum Zwecke der Vergrösserung des vom Glase beherrschten Gesichtsfeldes ist auf diesen Umstand, sowie auch auf den entgegenstrebenden Einfluss des stärker vorrückenden zweiten Knotenpunktes keine Rücksicht genommen. Noch auf einen Unterschied zwischen beiden Gläserarten möchte ich aufmerksam machen. Die prismatische Wirkung des Randtheiles ist Schuld, dass z. B. Aphakische häufig darüber klagen, dass ihnen der Fussboden nicht eben, sondern gewölbt erscheint, so dass sie immer einen Hügel hinangehen zu müssen glauben. Periscopische Gläser wären in dieser Hinsicht wegen geringerer prismatischer Wirkung von Vortheil. Ich habe in dieser Richtung zweimal eine ganz merkwürdige Beobachtung gemacht. Es [illegible] älteren Herren, welche stets periscopische, aber relativ

schwache Gläser (— $^1/_7$ und — $^1/_8$), von München bezogen, trugen. Als ich denselben neue Brillen von Wien kommen liess, klagten sie bald darüber, dass sie geradeaus zwar mit den neuen Brillen so gut sähen, wie mit ihren alten, aber dass der Fussboden ihnen eigenthümlich gebogen erscheine, so dass sie beim Gehen auf der Strasse entschieden behindert seien. Die neuen Brillen waren biconcav; als periscopische Gläser in das Brillengestell gefügt wurden, war das Phänomen verschwunden. Bedenkt man, wie sehr gering der Unterschied in der prismatischen Wirkung beider Gläser ist, dann muss man über diese Empfindlichkeit der Augen wirklich staunen.

Die Brillengläser sollen nicht zu klein sein, damit nicht zu viel Licht neben denselben in's Auge falle und damit die Reflexe des Glasrandes, resp. der Glasfassung nicht bemerkbar werden. Aus welchem Material und in welcher Art die Brillenfassung gefertigt ist, ist ziemlich gleichgiltig; wichtig ist nur, dass die Brille gut sitzt, d. h. dass die am besten grossovalen (in Staarbrillen gewöhnlich runden) Gläser die richtige Stellung vor den Augen einnehmen. Das Centrum der vorderen und hinteren Fläche des Glases soll von jedem einzelnen Punkte der Peripherie gleich weit abstehen. Dies vorausgesetzt, soll die Axe des Glases im Allgemeinen mit der Gesichts- (oder Blick-) Linie zusammenfallen, Glas und Auge sollen ein centrirtes optisches System darstellen. Es ist gut, ein einfaches Verfahren zu kennen, durch welches sich jeder Brillenträger überzeugen kann, ob die letztere Bedingung erfüllt ist. Man findet wenig Angaben über die Controle der Brillencentrirung. Vor kurzem (1874) hat O. Becker eine sehr complicirte Methode (mit Benützung eines von ihm und Pasquier construirten Centrometers) angegeben, es hat aber dieses Verfahren, wie manches andere, keinen praktischen Werth, denn es handelt sich nicht darum, das Centrum jedes Glases der Brille für sich zu bestimmen. Wenn ich bei geschlossenem linkem Auge auf irgend eine Weise prüfe, wo das Centrum des Glases meines rechten Auges steht und nun die Brille so richte, dass mein rechtes Auge durch das Centrum des Glases sieht; und wenn ich dann das gleiche Verfahren für das linke Auge für sich einschlage, so weiss ich nicht, wo das Centrum des rechten Glases steht. Auch nützt es mir gar nichts, wenn ich durch Marken am Rande des Glases ermögliche, bei der abgenommenen Brille die Gläsercentra zu finden, wenn ich nicht wissen kann, ob bei sitzender Brille die Gesichtslinie durch dieses Centrum geht. Endlich kommt es gar nicht darauf an, dass jedes Auge wirklich durch das Centrum seines Glases sieht. Es ist ganz gleichgiltig, ob die Augen beide genau durch das Centrum ihres Glases, oder ob sie um den gleichen

Abstand vom Centrum nach oben oder nach unten, nach rechts oder links durchsehen. Aber theoretisch nicht gleichgiltig ist, ob z. B. ein Auge durch das oder unter dem Centrum, das andere über dem Centrum, oder ob das eine Auge nach rechts, das andere nach links (also jedes nach aussen oder nach innen) vom Centrum durchsieht. Eine diesbezügliche Methode, welche an Einfachheit nichts zu wünschen übrig lässt, ist folgende. Blicke ich mit — $^1/_6$ in einem verfinsterten Zimmer (Augenspiegelzimmer) nach einer möglichst weit abstehenden Lampenflamme, so schwebt, wie ich mich bei abwechselndem Verschluss eines Auges überzeuge, vor jedem Auge ein vom Schlagschatten der Iris begrenzter, also mit der Pupillenweite im Durchmesser wechselnder, das entoptische Spectrum darstellender Kreis. Es entsteht nämlich dem Centrum des Glases entsprechend bei Anwendung von Concavgläsern vor dem Glase, d. i. zwischen Flamme und Glas ein kleines Reflexbildchen der Flamme, welches wenn der Myope das ganz oder bis zu einem gewissen Grade neutralisirende Glas trägt, soweit innerhalb des Nahepunkts gelegen ist, dass es bei seiner Kleinheit als Ausgangspunkt gleichsam homocentrischen Lichtes dient, daher die Bedingungen für entoptisches Sehen gegeben sind. Sind die Gläser mit den Augen genau centrirt, dann liegt das Centrum jedes Leuchtkreises auf der entsprechenden Gesichtslinie. In die Flamme blickend gewahre ich, dass in deren Centrum ein Leuchtkreis sich befindet. Um den Leuchtkreis deutlicher zu sehen, blicke ich etwas abwärts von der Flamme gegen einen dunklen Hintergrund, etwa einen schwarzen Schirm. Der Eine Lichtkreis wird jetzt genau unter der Flamme stehen. Jede Abweichung des Glascentrums von der Gesichtslinie in dem früher erörterten Sinne wird sofort bemerkbar. Ich sehe dann nämlich statt eines Leuchtkreises zwei. Stehen dieselben horizontal nebeneinander, zeigen sie also keine Höhenabweichung, dann stehen die Gläsercentra an beiden Augen gleich hoch, aber zu weit oder zu nahe von einander; die Augen sehen durch die inneren Gläserhälften, wenn die Leuchtkreise gleichnamig sind (also z. B. bei Verschluss des rechten Auges das rechte Bild verschwindet); die Gläser stehen zu nahe an einander, wenn die Bilder gekreuzt sind. Stehen die Gläsercentra ungleich hoch, dann sind die Leuchtbilder ungleich hoch und zwar stehen sie gerade über einander, wenn nur eine Höhenabweichung statthat, oder sie zeigen gleichzeitig laterale Distanzen, sind dabei gleichnamig oder gekreuzt, wenn auch noch eine Lateralabweichung der Glascentra da ist. Ja man erfährt, vorausgesetzt, dass die Pupillen gleichweit und die Myopie beider Augen gleich gross ist, auch, ob die Gläser gleich weit von der Cornea abstehen, denn unter

diesen Bedingungen ist das dem entfernteren Glase entsprechende Lichtbild kleiner. Nebenbei bemerkt erkennt man umgekehrt durch das Betrachten der Lichtbilder jetzt geringe Differenzen in der Pupillenweite oder im Grade der Myopie, falls die Gläser gleich weit vom Auge abstehen, denn dann entspricht das grössere Lichtbild einer grösseren Pupille, und bei gleich grosser Pupille einer geringeren Myopie. Vorausgesetzt ist dabei, dass die Brennweite beider Gläser gleich gross ist. Weiss man von der Benützung einer gut construirten Brille her, dass die entoptischen Sehfelder gleich gross sind, so wird man endlich, falls man in dasselbe Gestell Ein neues Glas einsetzen lassen muss, sofort erkennen, ob die Brennweite des neuen Glases mit der des anderen genau übereinstimmt, denn wäre es stärker, dann würde sich dies dadurch kundgeben, dass der entsprechende Lichtkreis jetzt grösser als der des anderen Glases wäre. dagegen würde der Kreis kleiner sein, wenn das Glas schwächer wäre.

Am wichtigsten ist die Ausgleichung der Höhendifferenz der Glascentra. Wollen die Augen durch eine Brille, deren Centra ungleich hoch stehen, einfach sehen, dann muss eine Subductions- (Aufwärts-) oder Deductions- (Abwärts-) Bewegung eines Auges vorgenommen werden, um die durch die prismatische Wirkung des Glases hervorgerufene ungleiche Höhe des Doppelbildes auszugleichen. Daher dürfte es auch kommen, dass Myopen, welche Brillen oder doch Nasenzwicker tragen, eine viel entwickeltere Fähigkeit (wie thatsächlich Helmholtz. Hering, Hirschberg, Hock, ich) besitzen, Prismen mit der Kante nach oben oder nach unten zu überwinden, als Emmetropen. Eine Brille mit ungleich hochstehenden Gläsercentren wirkt also störend, entweder weil man, um einfach zu sehen, unter derselben nach auf- oder abwärts schielen muss, oder weil man eben nicht wirklich einfach sieht. Stehen die Brillencentren zu weit von einander, dann wirken die Concavgläser gleichzeitig als Prismen mit der Basis nach innen, stehen die Gläser zu nahe an einander, dann wirken sie wie Prismen mit der Kante nach innen. Im ersteren Falle muss zum Zwecke des Einfachsehens eine Divergenz- (Abductions-), im zweiten Falle eine Convergenz- (Adductions-) Bewegung eingeleitet werden, die im Allgemeinen unschwer auszuführen sind. Da man aber bei Myopie, wenn auch noch so geringe unnöthige Convergenzen vermeidet, so ist namentlich ein zu geringer Abstand der Glascentren der Concavgläser von einander zu vermeiden. Es wird dies bei Nasenzwickern für Myopen häufig nicht anders zu erreichen sein, als dadurch, dass man die Gläser excentrisch einschleift, so dass die Gläsercentra nicht central, sondern der äusseren Peripherie der Fassung näher stehen.

Bei der Untersuchung der Stellung der Convexgläser vor dem Auge sind gleichfalls die entsprechenden (doch in anderer Weise zu Stande kommenden und anders sich verschiebenden) Leuchtkreise zu verwerthen. Sie müssen in Einen Kreis zusammenfliessen, sollen die Brillen für den Versuchsabstand centrirt sein. Es ist klar, das Convexgläser, deren Centra zu weit von einander abstehen, wie adducirende, dagegen wie abducirende Prismen wirken, wenn sie zu nahe an einander stehen.

Will man die Centrirung der Brillen nicht für parallele, sondern für convergirende Gesichtslinien untersuchen, dann braucht man nur nach der Lampe oder besser nach einer Kerzenflamme aus der Entfernung zu blicken, für welche die Centrirung bestimmt werden soll. Man kann sich sehr häufig überzeugen, dass Brillen (nicht blos Nasenzwicker) für parallele Gesichtslinien nicht, wohl aber für convergirende centrirt sind. Beim Blick nach einer Lampenflamme auf 20′ Abstand sind die Leuchtkreise gekreuzt, sie nähern sich aber und fliessen endlich zusammen, wenn man sich der Flamme nähert. Sowie also bei Nahebrillen die Gläsercentren näher an einander stehen sollen als bei Fernbrillen, so wird es ausserdem, damit die Axe des Glases in die Gesichtslinie falle, das Auge also nicht schief durch das Glas sehe, nothwendig sein, dass die Gläser nicht in einer Ebene liegen, sondern einen kleineren Winkel als 180° mit einander bilden, nach vorne convergiren. Diese Construction der Nahebrillen hält Smee für so wichtig, dass er solchen convergirenden Brillen den Beinamen der kalloscopischen gibt, „weil sie das Bild des Gegenstandes schöner und deutlicher machen, indem die Strahlen, welche vom Gegenstande ausgehen, senkrecht auf's Auge fallen.“

Bei der Brillenverordnung hat man also dem Optiker nebst der Nummer des Convex- oder Concavglases auch den Abstand der Gläsercentra anzugeben. Man kann diesen Abstand genau mit Hilfe des v. Jäger'schen Brillengestelles (s. Fig. 88), welches zum Zwecke der Prüfung mit einfachen sphärischen Gläsern nur je Einen Halbring trägt, bestimmen. Jeder Halbring ist in einer Hülse längs des Gestelles verschiebbar, eine Marke gibt die Lage des Centrums des Ringes, daher auch des Glases an. Man verschiebt die Halbringe so, bis die vielbesprochenen Leuchtkreise beim Blicke in einen bestimmten Abstand in Einen, am gehörigen Orte befindlichen verschwimmen. Der Abstand der Gläsercentra kann nunmehr direct am Gestelle abgelesen oder mit einem Cirkel abgemessen werden. Für gewöhnliche praktische Bestimmung genügt es übrigens, die Gläser in dem auf der Nase des

Patienten sitzenden Gestelle dem Augenmasse nach richtig zu stellen, oder den Abstand der Pupillenmitten (der ungefähr dem Abstande der Gesichtslinien entspricht) mit einem geeigneten Cirkel (wir bedienen uns hiezu eines nach Art der Beckenmesser construirten) zu messen. Um den Abstand der Gesichts- (Blick-, Visir-) Linien zu bestimmen, hat Smee (1853) ein Visuometer, Schroeter (1873) einen Basalmesser, Landolt (1873) das Chiastometer construirt. Hat der Patient vom Optiker die Brille erhalten, dann kann dieselbe durch Prüfung der Leuchtbilder controlirt werden.

So wünschenswerth es erscheinen muss, eine einfache Methode zur Bestimmung der Gläsercentren zu besitzen, so gestattet die Praxis doch eine blos ungefähre Bestimmung derselben deshalb, weil, abgesehen von der Störung, die durch Höhendifferenz der Gläsercentra hervorgerufen wird und die durch geeignete Biegung des Brillengestelles zu corrigiren ist, geringe Lateral-Abweichungen von sehr geringer Bedeutung sind, indem die prismatische Wirkung selbst ziemlich starker Gläser nahe dem Centrum nur unbedeutend ist. Man kann desshalb auch, wenn eine und dieselbe Glasnummer für Ferne und Nähe verwendet wird, dieselben Brillen anwenden, wiewohl die Brille für beide Stellungen nicht centrirt sein kann; und der Umstand, dass man beim Nahesehen schief durch die Gläser sieht, ist für die gewöhnliche Arbeitsweite ebenfalls so wenig wichtig, dass „kalloscopische" Brillen für die Nähe anzuwenden durchaus nicht nothwendig ist. Es ergibt sich daraus auch, dass, wenn man mit Absicht die sphärische Wirkung der Gläser mit der prismatischen durch Decentrirung der sphärischen Gläser erlangen will, man auf diese Weise nicht viel erreicht, wie auch aus den Berechnungen Woinow's (1872) und Borgmann's (1873 [1]) hervorgeht. Bei den Arbeitsbrillen der Myopen würde man, um die Convergenz der Gesichtslinien zu vermindern, bedacht sein, dass die Gläser gleichzeitig als abducirende Prismen wirken, desshalb die Gläsercentra zu weit von einander stellen. Für die Ferne centrirte Brillen werden daher dem Myopen aus diesem Grunde bei der Nahearbeit nicht schädlich sein. Bei Hypermetropen mit Muskelinsufficienz würden die Gläser aneinander zu rücken sein, damit die Wirkung abducirender Prismen hervortrete, dagegen wären, wenn nach der Schieloperation Neigung zu Strabismus divergens hervortritt, und Gläser für die Nahearbeit verwendet werden müssen, dieselben möglichst schwach und aus-

[1]) Ueber die Verwendung decentrirter Brillen bei Myopie. Inaugural-Dissertation. Berlin.

einandergerückt (also als adducirende Prismen wirkend) anzuwenden, damit stärkere Convergenz angeregt werde. Doch ist, wie gesagt, die (durch modificirten Abstand der Gläser von einander erreichbare) Decentrirung von Concavgläsern in der Stärke, wie sie thatsächlich zur Arbeit verwendet werden, sowie die analoge Decentrirung der Convexgläser (mit Ausnahme der sehr starken, namentlich der Staargläser) so wenig wirksam, dass man, um auffälligere prismatische Leistungen zu erlangen, Combinationen der sphärischen Gläser mit prismatischen in Anwendung ziehen muss, von denen schon früher gehandelt wurde [1]).

Da wir schon von der prismatischen Wirkung der Brillen sprechen, so sei auch der orthoscopischen Brille Scheffler's gedacht, deren Princip Scheffler 1868 genau auseinander gesetzt hat [2]). Die orthoscopische Brille ist „eine aus linsenförmigen und prismatischen Gläsern zusammengesetzte Combinationsbrille von der Beschaffenheit, dass die durch das Prisma bewirkte Ablenkung der Lichtstrahlen der durch die Linse bewirkten Veränderung der Sehweite genau entspricht." Es will damit Folgendes gesagt sein: Wenn ein Presbyte z. B. seine deutliche Sehweite in 20" hat, und man gibt ihm eine Convexbrille, mit welcher er in 10" arbeiten kann, so soll man das sphärische Glas mit einem Prisma verbinden von der Art, dass nicht für einen Abstand von 10, sondern von 20" convergirt wird. Convexgläser müssen daher immer mit abducirenden, d. i. ihre Basis nasenwärts kehrenden Prismen combinirt werden. Andererseits kann ein Myope, z. B. ein Solcher mit $M^1/_6$, ohne Bewaffnung der Augen höchstens in einem Abstande von 6" sehen. Statten wir denselben mit einer Concavbrille aus, mittelst welcher seine Sehweite auf grössere Abstände gerückt wird, so müssen diese Concavgläser mit solchen Prismen versehen werden, dass die Augen für den Abstand von 6" convergiren; wenn man also auch die Myopie neutralisirt, so soll der Myope doch mit einer Combination von Concavgläsern und adducirenden, d. i. die Basis nach auswärts kehrenden Prismen ausgestattet werden, damit er immer gehörig convergire. Welche capitale Verirrung in der Aufstellung der orthoscopischen Brille des Myopen, der durch dieselbe stets zu abnormen Convergenzen genöthiget wird, liegt, braucht nicht erst auseinandergesetzt zu werden. Wenn auch nicht direct schädlich, so ist doch auch die stete Combination von Convexgläsern mit abducirenden Prismen im Allgemeinen ohne jeden Nutzen, eine solche Combinirung nö-

---

[1]) S. pag. 403 u. ff.

[2]) Die Theorie der Augenfehler und der Brillen. pag. 5—18.

thiget nur, wegen der geringen Convergenz stärkere Convexgläser zu geben als sonst nöthig wäre. Aus dem Principe der orthoscopischen Brille leitet Scheffler allerdings auch eine richtige und wichtige Gläsercombination ab, das ist nämlich die Combination sehr starker Convexgläser mit entsprechend starken abducirenden Prismen, wodurch eine binoculäre Loupe gewonnen wird. Aber diese Combination ist nichts Anderes, als die bereits 1859 von Brücke beschriebene Dissectionsbrille.

Brillenträger möchten noch specielle Anforderungen an ihre Brillen stellen, so zumeist Jene, welche für die Nähe Convexgläser brauchen, in die Ferne aber ohne Glas am besten sehen, dann Jene, welche zwar für Nähe und Ferne entweder Convexgläser oder Concavgläser, aber für jeden dieser Fälle von anderer Brennweite benöthigen, endlich Solche, die für die Ferne Concav-, für die Nähe Convexgläser nöthig haben. Zu den ersteren gehören die Emmetropen mit Presbytie oder pathologisch geringer Accommodationsbreite. Eine Brille zu tragen ist für sie schwer, da sie über dieselbe hinübersehen, die Brille also bis zur Nasenspitze herabschieben oder den Kopf stark vornüber beugen müssen, wenn sie in etwas grösserer Distanz deutlich sehen wollen; und für das Sehen in die Nähe, wenn es mit dem Sehen in die Ferne wechselt, stets einen Nasenzwicker aufzusetzen, hat seine Unannehmlichkeiten. Man denke nur an einen presbytischen Augenarzt in klinischer Thätigkeit. Die sogenannten pantoscopischen Brillen, wie sie Smee bei den Optikern Horne und Thornthwaite zuerst sah, können Presbyten während der Dauer solcher Beschäftigungen, die abwechselnd Fern- und Nahesehen bedingen, vom Nutzen sein. Die pantoscopische Brille hat periscopische Gläser, die Gläserfassung steht gegen die Brillenschenkel nicht unter rechtem Winkel, sondern unter einem nach abwärts gerichteten spitzen Winkel, so dass die Gläser gegen die Wange streben. Da dieselben ausserdem am oberen Rande stärker abgeschliffen sind, so kann der Brillenträger mit aufrechtem Kopfe über die Brille weg in die Ferne und bei Senkung des Blickes durch die Brille in die Nähe sehen. Der alte Presbyte mit erworbener Hypermetropie, sowie der nichtfacultative Hypermetrope nicht ganz jugendlichen Alters brauchen verschiedene Convexgläser für Nähe und Ferne, sowie der Myope solchen Grades, dass er Gläser für die Nähe anzuwenden hat, zweier Concavgläser bedürftig hat. Wenn endlich ein geringgradiger Myope presbytisch wird oder abnorm geringe Accommodationsbreite besitzt, dann muss er für die Ferne Concav-, für die Nähe Convexgläser haben. Da der ewige Brillenwechsel lästig ist, so

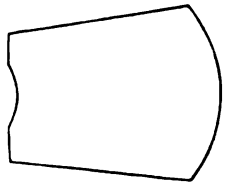
kann man die betreffenden Gläser in zwei Hälften schneiden und in die Fassung als obere Hälfte das Fern-, als untere das Naheglas einsetzen lassen. Das that Franklin, welcher für die Ferne Concav-, für die Nähe Convexgläser anwandte, doch wirkt die Trennungslinie beider Glashälften höchst lästig. Man verfertigt desshalb in Paris, wie Donders berichtet, auch Gläser von zwiefacher Brennweite (verres à double foyer), welche an der dem Auge abgekehrten Seite in oberer und unterer Hälfte mit verschiedenem Radius geschliffen sind. Ich habe einmal für mich bei Nachet in Paris eine Brille, „à double foyer", mit $-\frac{1}{6}$ in der oberen, $-\frac{1}{10}$ in der unteren Partie, bestellt und habe nach langer Zeit eine — echte Franklin'sche Brille, d. i. ein Brille mit zerschnittenen Gläsern erhalten. Eine solche Brille zu verfertigen, das hätten wir in Innsbruck auch zu Wege gebracht.

Brillenträger stellen noch Anforderungen anderer Art an den Augenarzt. Die herabgesetzte Sehschärfe ist es, in Folge welcher gewöhnliche Concav- und Convexbrillen dem Zwecke nicht mehr entsprechen. Für Myopen wirft sich zunächst die Frage auf, wie man hochgradigen Myopen bei herabgesetzter Sehschärfe ein halbwegs gutes Fernsehen verschaffen kann. Würde man die stark verkleinernde Wirkung starker Concavgläser zu eliminiren im Stande sein, könnten also solche Myopen ohne Concavgläser relativ deutliche Bilder von entfernten Objecten auf ihrer Netzhaut erhalten, dann wäre schon etwas gewonnen. Steche ich mit einer dicken Stecknadel ein Loch durch ein Kartenblatt und schaue bei intensiver Beleuchtung durch dasselbe hindurch, dann steigt meine Fernsehschärfe in sehr auffallender Weise. Ein solches Loch im Kartenblatt corrigirt nämlich sehr merkbar alle Fehler der Axenlänge sowohl als jene der Refraction und Accommodation, indem durch dasselbe die Zerstreuungskreise auf ein Minimum reducirt werden. Nur hat ein solcher Behelf den grossen Nachtheil, dass ein sehr grosser Theil des Lichtes vom Auge abgehalten wird, (daher eine Herabsetzung der Sehschärfe wegen mangelhafter Beleuchtung und desshalb nur bei intensiver Beleuchtung eine auffallende Leistung erfolgt), dann, dass das Gesichtsfeld sehr eingeengt wird. Donders empfiehlt Myopen mit herabgesetzter Sehschärfe einen stenopäischen Apparat, doch um durch eine zu kleine Oeffnung nicht zu viel Licht zu verlieren, soll man die Oeffnung nicht zu klein wählen, dafür aber mit der Lorgnette ein die Myopie theilweise corrigirendes Glas verbinden und dasselbe vor die Lorgnette, letztere also unmittelbar vor's Auge stellen, wenn man ein möglichst grosses Gesichtsfeld erlangen will.

Mit einfachen Concavgläsern vermag sich der Myope dadurch noch am besten zu helfen, dass die Gläser möglichst nahe vor den Augen stehen, weil dabei die Netzhautbilder am grössten sind. Die Wimpern, welche die Gläser nicht berühren sollen, setzen einer solchen starken Annäherung für gewöhnlich ein Hinderniss entgegen, aber um für den Moment deutlicher zu sehen, ist es für Myopen, die stärkere Gläser tragen, ein treffliches Auskunftsmittel, die Brillen stark gegen die Augen zu drücken. Da die Brillen gewöhnlich nicht ganz corrigirend sind, so bewirkt eine Annäherung (um 3 bis 4‴) der etwa 6‴ vor der Hornhaut stehenden Gläser eine mehr oder minder vollständige Correction der Myopie unter den günstigsten Bedingungen. Ich erreiche in dieser Art einen höchst eclatanten Effect, wenn ich meine nicht ganz corrigirende Brille $-\frac{1}{6}$ fest gegen die Augen drücke. Aber einen Effect viel bedeutenderer Art erziele ich, wenn ich aus dem Brillenkasten $-\frac{1}{2}$ und $+\frac{1}{6}$ aushebe, $-\frac{1}{2}$ dicht vor ein Auge stelle und $+\frac{1}{6}$ so lange von $-\frac{1}{2}$ entferne, bis scharfes Sehen für die Ferne eintritt. Es geschieht dies bei einem gegenseitigen Abstande der Gläser von $2^6/_7$ Zoll, denn da wirkt die Combination, wie $-\frac{1}{5\cdot5}$. Es ist diese einfachste Vorrichtung natürlich nichts anderes als ein Operngucker, ein Galilei'sches Fernrohr, welches dadurch vergrössernd wirkt, dass der aus Convexglas, Concavglas und Auge zusammengesetzte Apparat einen wesentlich weiter von der Netzhaut abstehenden zweiten Knotenpunkt hat, als das gleichwirkende aus Concav $\frac{1}{5\cdot5}$ und Auge allein bestehende optische System. Ich will nur bemerken, dass die sphärische und chromatische Aberration zweier so verwendeter Brillengläser durchaus nicht in solcher Weise störend ist, dass nicht Myopen bei einiger Uebung dieses einfachste Hilfsmittel praktisch verwerthen, also zwei entsprechende mit einer Fassung versehene, so leicht transportable Gläser zum momentanen Fernsehen mit einem Auge verwenden könnten. Ein wirkliches Galilei'sches Fernrohr, sei es dass man für ein Auge den trefflichen Plössl'schen Feldstecher oder für beide Augen das gewöhnliche Theaterperspectiv verwendet, ist natürlich viel besser, nur dessen Transport und auffallende Anwendung genant. Man könnte desshalb Operngucker von bestimmter, nur Einem bestimmten Fernpunkt des Auges entsprechender Länge construiren, deren Röhre wie ein Klapphut construirt und zusammenzuklappen wäre, so dass man einen solchen Gucker (für ein oder für beide Augen) wie einen Nasenzwicker an einem Schnürchen um den Hals tragen könnte. Statt einer Röhre, welche an einem Ende ein Convex- am anderen ein Concavglas und zwischen beiden Luft hat, kann man auch einen Glascylinder von be-

stimmter Länge, der an einem Ende convex, am andern concav geschliffen ist, in Anwendung ziehen. Auch durch einen solchen wird die stärkere Vorrückung des zweiten Knotenpunktes nach vorne gegenüber dem einfachen Concavglase bewirkt. Steinheil in München[1]) construirt derartige „Glasconi“ für Kurzsichtige, man braucht, um den entsprechenden Conus zu erhalten, nur die Nummer des analogen Concavglases anzugeben. Fig. 96 gibt einen einem Concavglase $-\frac{1}{6}$ gleichwerthigen Steinheil'schen Conus im natürlichen Durchschnitt.

Fig. 96.



Die Axe hat eine Länge von 27 M^{m} (1 Zoll); die vom Auge abzuwendende convexe Fläche einen Radius von 18, die dem Auge zugekehrte concave Fläche einen solchen von 8 M^{m}. Vorne hat der Conus einen Durchmesser von 23, an der hinteren Fläche von 16 M^{m}; diese letztere ist nur im Centrum, in einer diametralen Ausdehnung von 7·5 M^{m}, concav geschliffen, sonst flach. Der Conus ist (ohne oder in einer Fassung) leicht transportabel, er vergrössert ansehnlich, hat aber nur ein kleines Gesichtsfeld, und nur im centralen Theile dieses kleinen Gesichtsfeldes sind die Bilder scharf, in der Peripherie gibt sich bei starken Conis die sphärische und chromatische Aberration durch Verzerrung und farbige Säume des Bildes kund. Es dürfte, wie ich glaube etwas überraschend wirken, wenn ich mittheile, dass Descartes vor mehr als 200 Jahren den Glasconus beschrieben, abgebildet und dessen Wirkung im Zusammenhange mit jener des Galilei'schen Fernrohres in classischer Weise dargethan hat (Dioptrice Cap. VII, No. XIV, XV, auch X—XIII). Verkürzt man die Länge des Conus, dann erhält man ein ungewöhnlich dickes convex-concaves Brillenglas, das man nunmehr in ein Brillengestell oder eine Lorgnettefassung für zwei Augen einfügen kann. Diese Brillen vergrössern noch merkbar gegenüber den gewöhnlichen Concavgläsern.

Sie wurden, wie es scheint, zuerst in Wien construirt, v. Stellwag fand sie beim jetzigen Optiker Fritsch und nannte sie Perspectivbrillen. Nach v. Stellwag wusste aber weder Fritsch, noch sein Vorgänger Prokesch über die Herkunft der Perspectivgläser Auskunft zu geben. Nimmt die Dicke der Perspectivgläser immer mehr ab, dann erhält man endlich die gewöhnlichen negativen Menisken, die periscopischen Gläser, die, wie wir gesehen haben, unter den Brillengläsern die grössten Netzhautbilder zu Stande kommen lassen. Periscopisches Glas, Perspectivglas, Glasconus und, wenn man will, auch Galilei'sches

[1]) Firma: C. A. Steinheil Söhne, Landwehrstrasse 15a.

Fernrohr, sind nichts anderes wie Menisken von verschiedener Dicke. Sie können alle je nach der Krümmung ihrer Fläche optisch unwirksam (d. h. weder als Concav-, noch als Convexglas wirkend, wenngleich den zweiten Knotenpunkt vorrückend, daher vergrössernd) oder als sphärisches Glas, sowohl negatives als positives, sich darstellen.

Aus dem zuletzt Gesagten geht hervor, dass auch Emmetropen und Hypermetropen sich der genannten optischen Hilfsmittel bedienen können. Für Emmetropen kommt nur das Galileische Fernrohr in Betracht, während Hypermetropen mit herabgesetzter Sehschärfe ausser von dem Operngucker, auch noch vom Steinheil'schen Conus (der aber für Hypermetropen bei Steinheil nicht vorräthig ist) und von der Perspectivbrille beim Sehen in die Ferne, von welchem wir jetzt sprechen, Vortheil ziehen können.

Wie wir einerseits bei den optischen Hilfsmitteln für das Fernsehen zunächst der Myopen gedachten, weil die verkleinernde Wirkung starker Concavgläser um so mehr in die Wagschale fällt, wenn die Sehschärfe ohnehin schon abnorm herabgesetzt ist, so sind anderseits bei der Besprechung der in Folge herabgesetzter Sehschärfe beizuziehenden Hilfsmittel zur Unterstützung des Nahesehens die Nichtmyopen (unter denen übrigens hier auch geringgradige Myopen inbegriffen sind) zunächst zu berücksichtigen, denn diesen wird ein gleicher Verlust an Sehschärfe viel empfindlicher, als hochgradigen Myopen, welche das Object bis 4, 3 oder 2 Zoll annähern, und so wenigstens mit Einem Auge selbst bei sehr starker Herabsetzung ihrer centralen Sehschärfe noch gewöhnliche Druckschrift lesen können. Das nicht myopische Auge können wir in den gleichen Zustand versetzen, wenn wir ihm ein starkes Convexglas, eine Loupe vorsetzen. Hält eine Emmetrope convex $^1/_2$ in einem Abstand von 2″ vor einer Druckschrift, dann steht das Object in der Brennweite der Linse, die aus der Linse austretenden parallelen Strahlen können vom Auge vereinigt werden. Das Netzhautbild wird dabei so vergrössert, als ob das Object 2″ vom Knotenpunkte des nicht accommodirenden Auges abstünde, und aus diesem Abstande ein deutliches Bild entworfen würde. Der Abstand des Auges vom Glase ist für die wirkliche absolute Vergrösserung gleichgiltig, da die Grösse des Netzhautbildes unter solchen Umständen von diesem Abstande unabhängig ist, sich stets gleich bleibt [1]).

Ein solches starkes Convexglas von beträchtlicher Dimension mit einer Fassung und einem Handgriffe versehen, führt auch den Namen

---

[1]) S. pag. 319.

des Leseglases. Nach Smee soll man planconvexe Gläser zu Lesegläsern verwenden, so dass die plane Fläche dem Objecte zugekehrt wird, wobei man ein grosses und gleichförmiges Sehfeld, in welchem die Objecte bis an den Linsenrand deutlich sind, erhält, während wenn man die convexe Fläche dem Objecte zuwendet, dasselbe nur in der Mitte des Sehfeldes deutlich erscheint. Durch ein solches Glas, wenn es stark ist, kann man nicht binocular sehen, es entstehen Doppelbilder, von denen eines vernachlässigt werden muss, um einen Nutzen vom Glase zu haben. Um das störende Doppelbild auszuschliessen, wird die planconvexe Linse am unteren Ende einer circa 8" langen, gegen das obere dem Auge zuzukehrende Ende an Durchmesser abnehmenden Röhre eingesetzt. Das ist der Vergrösserer von Smee, der natürlich auch scharfsichtigen Augen als Loupe dient. Ausser der einfachen Loupe können begreiflicher Weise auch für die Nähe alle jene Vorrichtungen, die wir früher hinsichtlich des Fernsehens besprachen, entsprechend modificirt in Wirksamkeit treten. Ein Galilei'sches Fernrohr von kurzer Brennweite wird für Amblyopen in manchen Fällen einen Vorzug vor der Loupe haben, weil es die Objecte in grösseren Abstand vom Instrumente zu bringen gestattet. Ein solches Fernrohr ist nichts anderes, als die Brücke'sche Loupe, welche wie Harting nachgewiesen hat, und wie bei Brücke zu lesen ist,[1]) schon Chevalier bekannt war, aber später in Vergessenheit gerieth, bis sie Brücke (1851) wieder entdeckte. Ein als Loupe wirkender Steinheil'scher Glasconus wäre für die Nahearbeit, z. B. zum Lesen viel unbequemer, als Smee's Vergrösserer, dagegen kann, wenn es sich um binoculares Sehen handelt, die convexe Perspectivbrille, die freilich wenig mehr als die gewöhnliche Convexbrille leistet, namentlich aber Brücke's Dissectionsbrille in Betracht kommen.

Wenn bei hochgradiger Kurzsichtigkeit solche Amblyopie besteht, dass gewöhnliche Druckschrift nicht gelesen werden kann, dann ist guter Rath theuer. Mit Loupe, Perspectiv- und Dissectionsbrille ist gewöhnlich nichts mehr auszurichten. Dagegen fand Smee, dass wenn er solchen Myopen ein hinlänglich starkes Concavglas vor das Auge setzte und sie dann seinen Vergrösserer gebrauchen liess, das lange vergebens erstrebte Ziel doch zu erreichen war. Indem er an das obere Ende des Vergrösserers eine concave Linse anbrachte, construirte er eine Vorrichtung, die er ganz richtig eine Opernbrille nannte; merkwürdiger Weise war es ihm entgangen, dass er nichts anderes als eine Chevalier-Brücke'sche Loupe, (die ihm schon bekannt war) hergestellt hatte.

---

[1]) Vorlesungen über Physiologie. II. pag. 187.

Ist bei Myopie die Sehschärfe nicht in jenem extremen Grade, von welchem wir so eben sprachen (und bei welchem jedes Auskunftsmittel, wäre es noch so unbequem, willkommen ist) herabgesetzt, sondern handelt es sich nur um eine solche Sehschärfe-Verminderung, dass weder mit Hilfe von Concavgläsern noch mit Hilfe der zulässigen prismatischen Gläser Binocularsehen in der Nähe zu erzielen ist, dann könnte man fragen, ob nicht concave Perspectivbrillen, indem sie das Netzhautbild vergrössern und damit das Object weiter ab zu halten gestatten, das Binocularsehen herzustellen fähig wären. Man muss da antworten, dass die Vergrösserung des Netzhautbildes, daher auch die mögliche Hinausrückung der Arbeitsweite, wie sie durch solche Brillen veranlasst wird, in der Regel zu unbedeutend sind, um an das gewünschte Ziel zu gelangen.

Was die Construction cilyndrischer Brillen anlangt, so ist zu bedenken, dass die Gläser in ihrer Fassung eine ganz bestimmte Stellung einnehmen müssen. Hat man einen vollkommen verlässlichen Optiker, so gibt man demselben an, in welcher Richtung sich die Axe jedes Glases zu befinden habe; demgemäss können die Gläser dann auch oval abgeschliffen werden. Sicherer ist freilich unter allen Umständen, dass man die Gläser zunächst in eine Brille mit runden Fassungen bringen lässt, die kleine Schraube, welche das Glas im Ringe festhält, ein wenig aufschraubt, und nun mit freier Hand das Glas, jedes Auge für sich prüfend, so lange dreht, bis die beste Lage erreicht wird. Das kann der Astigmatiker auch selbst thun, ja man kann ihn anweisen, sich dabei Zeit zu lassen, und durch sorgfältige Versuche die beste Stellung der Gläser auszuforschen. Ist diese erreicht, dann macht man noch zur letzten Controle kleine Bewegungen mit dem Brillengestelle selbst in dem Sinne, dass das Glas ein wenig vor dem Auge rotirt. Bei vollkommen richtiger Stellung des Glases wird schon eine geringe Rotation des Glases nach rechts oder nach links das Sehvermögen verschlechtern. Nun werden die Gläser wieder festgeschraubt, und wünscht der Brillenträger ovale Fassungen, so lässt sich dies, da die richtige Stellung des Glases dem Optiker gegeben ist, jetzt leicht erreichen. Damit die combinirten convex-cylindrischen Gläser Aphakischer nicht zu massig ausfallen, werden plan-convexe Cylindergläser empfohlen, auf deren planer, dem Auge zugekehrter Fläche im Centrum eine Plansphäre von geringer Dimension, mit der planen Fläche durch Canadabalsam aufgeklebt wird (Loring [1]).

[1]) Transactions of the Amer. Ophth. Soc. 1871. pag. 108.

Bei der Anwendung farbigen Glases ist zu unterscheiden, ob die grauen oder blauen Brillen gleichzeitig eine dioptrische Wirkung ausüben sollen oder nicht. Im letzteren Falle verwendet man Brillen mit einfachen Plangläsern oder solche mit seitlichen (Schläfen)-Klappen oder die sogenannten Muschelbrillen. Plangläser taugen nicht, weil zu viel des umgebenden Lichtes von allen Seiten in's Auge fällt; durch die seitlichen Klappen wird dem allerdings zum wichtigsten Theile abgeholfen, aber solche Brillen sind schwer und „unästhetisch." Am häufigsten sind die Muschelbrillen in Gebrauch, uhrglasförmige Gläser, also Menisken, deren vordere und hintere Fläche concentrisch sind. Sind die Gläser nicht vollkommen parallel, so haftet ihnen auch eine dioptrische Wirkung an, wie man sich auch wirklich, selbst bei guten Muschelbrillen mitunter von ganz geringer Concavglaswirkung überzeugen kann. Das ist am Ende kein grosses Unglück, soll aber nicht sein. Graue und blaue Brillen kommen in den verschiedensten Nuancen vor. Für die blauen Brillen hat Böhm [1]) 6 verschiedene Nuancen angegeben, von denen Nuance 1 die schwächste, die fortschreitende Ziffer eine immer tiefere Nuance abgibt. Da diese Normalnuancen den Optikern bekannt, und die nuancirten Gläser den Brillenkästen beigegeben sind, so ist es leicht, sich in Betreff der Nuancen mit dem Optiker zu verständigen. Das von Böhm angestrebte, von uns bekämpfte [2]) Ziel, die reizenden rothen und gelben Strahlen möglichst auszulöschen, sucht A. Chevalier [3]) (1873) dadurch zu erreichen, dass er an die Stelle des blauen und rauchgrauen Glases schwarzblaues Glas setzt.

Soll neben farbigem Glase noch ein dioptrisch wirkendes zur Anwendung kommen, so wird dieser Zweck jedenfalls dadurch am vollkommensten erreicht, dass man zunächst eine Muschelbrille, und vor diese die concave, convexe, cylindrische oder prismatische Brille setzt, nur bei starken Biconvexgläsern muss man die Ordnung der Brillen umkehren. Gewöhnliche Brillengläser, aus farbigem Glase geschliffen, haben den doppelten Nachtheil, dass zu viel Licht von den Seiten einfällt, und dass sie selbst, weil von wechselnder Dicke, ungleichfarbig sind. Man hat dem letzteren Umstande durch verschiedene Auskunftsmittel abzuhelfen gesucht, bis, wie ich in Ruete's Lehrbuch der Ophthalmologie, I, 1853, pag. 246, lese, Chevalier es war, der isochromatische Brillen anfertigte. Dem ersteren Uebelstande, dem seitlichen Lichteinfalle, wird

---

[1]) Die Therapie des Auges mittelst des farbigen Lichtes, Berlin 1862.
[2]) S. pag. 677.
[3]) Nagel's Jahresbericht pro 1873, pag. 229.

abgeholfen, indem man die gefärbten sphärischen Gläser als Muschelgläser, d. i. als nichts anderes, wie als periscopische Gläser von grossen Dimensionen schleift. Uebrigens sind solche Brillen, die ich von Paetz und Flohr in Berlin bezog, nicht isochromatisch gewesen. Endlich gibt es noch farbige Muschelbrillen, bei denen nur das Centrum als sphärisches Glas geschliffen ist. Diese Form wird für starke Gläser beliebt, doch ist das deutliche Seh- und Blickfeld unter solchen Gläsern behindernd klein.

Wir sind bei der historischen Revue angelangt. Zunächst interessirt uns die Frage nach der Entdeckung der Camera obscura, der Vergleichung des Auges mit der dunklen Kammer, der Erkenntniss des Netzhautbildes. Gleich in der ersten Vorlesung wurden in dieser Hinsicht die Namen Maurolycus, Porta, der Erfinder der Camera obscura, Kepler und Scheiner genannt. Nachdem ich mich überzeugt, welche Irrthümer in Betreff der alten Geschichte vom Sehen vielfach verbreitet sind, schien es mir der Mühe werth, die Wahrheit in dieser Richtung zu ergründen. Als der Entdecker der Camera obscura figurirt Johann Baptist Porta (1538—1615). Es ist eigentlich merkwürdig, dass nicht eine andere irrthümliche Angabe ihn schon lange um diesen Ruhm gebracht hat. Caspar Schott (1608—1666) sagt nämlich in seiner „Magia universalis Naturae et Artis (Opus quadri-partitum 1658)“ und zwar in dem zu Würzburg (Herbipolis) 1657 erschienenen ersten Theile Lib. IV. pag. 198: „J. B. Porta (Magia naturalis 17. Buch, 6. Capitel) sagt, er habe sich dieses Kunststückes (welches er hoch schätzt, weil es zu seiner Zeit noch wenig bekannt war, wiewohl Daniel Barbaro in seiner italienisch geschriebenen „Perspective“ auf das genaueste darüber handelt) bedient, um Jagden, Schlachten etc. im Zimmer darzustellen.“ Im Original lautet die Stelle: „J. B. Porta ait, se hoc artificio (quod magni aestimat, quia suo tempore nondum evulgatum erat, licet de eo exactissime tractet Daniel Barbarus in sua Perspectiva italico sermone scripta) exhibuisse in cubiculo venatus, hostium proelium etc.“ Man wird vielleicht fragen, warum ich die Kenntniss dieses Passus des Schott voraussetze. Das kommt daher, weil Schott wiederholt (und an einer wichtigen Stelle, wovon später) von Priestley und dessen Uebersetzer Klügel citirt wird, es desshalb auffallend ist, dass sie diese Stelle übersahen, denn ich glaube nicht, dass sie sonst unerwähnt geblieben wäre.

Im Jahre 1772 erschien nämlich zu London: „The history and present state of discoveries relating to vision, light and colours by Joseph

Priestley," und 1775/6 zu Leipzig eine Uebersetzung dieses Werkes durch Georg Simon Klügel in zwei Theilen unter dem Titel: „Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Optik vorzüglich in Absicht auf den physikalischen Theil dieser Wissenschaft." Das Werk Klügel's ist übrigens keineswegs eine einfache Uebersetzung, sondern eine vielfache Berichtigung Priestley's, der z. B. dem Maurolycus das zuschreibt, was erst Kepler fand. Die Geschichte von Priestley und Klügel ist, wie es scheint, die Hauptquelle, aus welcher Optiker und Physiologen schöpfen, daher auch noch immer J. B. Porta, der von Priestley-Klügel (wahrscheinlich nach Kepler Paralipomena Cap. V. 4) als Erfinder der Camera obscura aufgeführt wird, als solcher genannt wird. Aus der angeführten Stelle Schott's geht hervor, dass man den Porta schon vor mehr als 200 Jahren nicht für den Erfinder der dunklen Kammer hielt, aber Schott's Argumentation ist unrichtig. Wann die erste Auflage der „Magia naturalis" des Porta erschien, konnte bisher nicht eruirt werden, die älteste Auflage, welche Guillaume Libri in seiner „Histoire des sciences mathématiques en Italie," Tome quatrième, Paris 1841, pag. 118 citirt, ist die vom Jahre 1558. Ob es nun richtig ist, dass Porta, wie er in der Vorrede zur Ausgabe vom Jahre 1589 angibt, seine Magia schon mit 15(!) Jahren geschrieben hat [1]), und ob die Beschreibung der dunklen Kammer sich schon in dieser ersten Auflage findet oder nicht, ist dem Daniel Barbaro gegenüber gleichgiltig, denn in der Ausgabe der Magie von 1558 wird die Dunkelkammer bereits beschrieben, während das Werk von Barbaro: „La Pratica della Perspettiva" 1568, also 10 Jahre später zu Venedig erschien. Freilich muss man zwischen Dunkelkammer und Dunkelkammer unterscheiden. Porta beschreibt in den ersten Auflagen der Magie nur die Bilder in der Dunkelkammer, die dadurch zu Stande kommen, dass man das Licht durch eine kleine Oeffnung in ein finsteres Zimmer fallen lässt; erst in der Auflage von 1589, die in 20 Bücher getheilt ist, findet sich bei der Beschreibung der Dunkelkammer Liber XVII, Cap. 6 die Abänderung, dass man in die Oeffnung eine Convexlinse einfügt, (wodurch erst unsere Camera obscura der Photographen und die dem Auge analoge hergestellt wurde). Libri, der sorgsame Forscher, sagt in Betreff dieser Verbesserung [2]): „s' il appartient réellement au savant napolitain (d. i. dem Porta), ce perfectionnement

[1]) Er beginnt die Vorrede mit den Worten: En lectores candidi, Magiae opus fere absolutum: quod si ab adolescente vix tum quintum et decimum annum agente, vix ex ephebis egresso excusum, tanto etc.

[2]) l. c. pag. 122.

doit lui assurer une place distinguée parmi les physiciens.“ Libri könnte damit einen Irrthum inauguriren, denn diese Verbesserung gehört dem Porta nicht, da sie sich 21 Jahre früher im Werke des Barbaro findet. Barbaro beschreibt die Camera obscura, in welcher die umgekehrten Bilder mit Hilfe einer Convexlinse erzeugt werden, im letzten Capitel (Parte nona, Cap. V) seiner Perspettiva. Das Werk von Barbaro ist in der That das älteste, in welchem ich die Beschreibung der Linsen-Camera finde, ohne dass Barbaro desshalb der Entdecker sein muss; aber so wenig die Einfügung des Glases von Porta herrührt, so wenig ist er überhaupt der Entdecker der Dunkelkammer, für den er sich übrigens auch gar nicht ausgibt.

Der Erste, der soweit bisher bekannt ist, die Dunkelkammer beschrieben, ist niemand Anderer, als — Leonardo da Vinci. Dem Professor der Physik zu Modena, J. B. Venturi, gebührt das Verdienst, zu Ende des vorigen Jahrhunderts einige der von den Commissären der französischen Republik von Mailand nach Paris gebrachten Manuscripte des Leonardo in französischer Uebersetzung in einer (durch Prof. Barach mir zugemittelten) Schrift veröffentlicht zu haben, die den Titel trägt: „Essai sur les ouvrages physico-mathématiques de Léonard de Vinci, avec des fragmens tirés de ses manuscripts, apportés de l'Italie; lu à la première Classe de l'Institut National des Sciences et Arts, Paris, An V (1797).“ Hier findet sich §. XI, pag. 23 die vollkommenste Beschreibung und Abbildung der einfachen Dunkelkammer. Den italienischen Urtext des die Dunkelkammer behandelnden Manuscriptes macht zuerst Libri (1841) Tome IV. pag. 305, wenn auch nur zum Theile, bekannt. Leonardo wurde 1452 geboren, starb 1519. Da seine Beschreibung erst 278 Jahre nach seinem Tode an's Licht gezogen wurde, so könnte noch immer dem Porta das Verdienst der ersten Bekanntmachung gebühren — wäre nicht 17 Jahre vor seiner Geburt eine solche Bekanntmachung erfolgt. Im Jahre 1521 (also zwei Jahre nach Leonardo's Tode, wesshalb dem Letzteren in der Beschreibung factisch der Vortritt gebührt) publicirte Caesare Caesariano zu Como eine italienische Uebersetzung des lateinischen Werkes des Vitrurius über die Architectur. Diesem Werke hat Libri Tome IV. pag. 306 eine Stelle entnommen, welche eine vollkommene Beschreibung der einfachen Dunkelkammer, deren Construction einem Benedictinermönch Don Papnutio zugeschrieben wird, enthält. Wer von Beiden Leonardo oder Papnutio die Dunkelkammer construirte, oder ob überhaupt einer von Beiden der wahre Entdecker derselben ist, lässt sich nicht entscheiden.

Wie die Geschichte der Camera obscura an und für sich nicht ohne Interesse ist, so interessirt uns noch speciell die Vergleichung der Camera obscura mit dem Auge, und da begegnen wir der überraschenden Thatsache, dass schon Leonardo da Vinci nicht blos das Auge mit der Dunkelkammer verglich, sondern auch erklärte, dass im Innern des Auges, sowie in der Dunkelkammer ein umgekehrtes Bild entsteht, das er freilich in den Humor aqueus verlegt. Ja, Leonardo beschreibt die Camera obscura nur, um zu zeigen, wie sich die Strahlen im Innern des Auges kreuzen. Ich lasse die ganze Stelle wegen des leichteren Verständnisses und der Vollständigkeit in der französischen Uebersetzung des Venturi folgen, nur die charakteristische Ueberschrift will ich zunächst im italienischen Originale, das sich unter den Autographen des Leonardo in Vol. D, Fasc. 8 findet, hierhersetzen. Sie lautet nach Libri, IV. pag. 305: „Come s'intersegano le spetie delli obbietti ricevuti dall' occhio dentro all' umore albugino." [Humor albugineus ist humor aqueus. Porta sagt hierüber in: De refractione Lib. III. Prop. I.: „Antiquiores Medici (humorem aqueum) albuginem nominarunt, non quod ovi albo collatus par est, sed qualis cernitur in recentibus ovis transsudare, quum igni admoventur," und ibidem, Prop. IV.: „sic aqueum vel albugineum humorem (quod guttae ex ovo igne transsudanti par dictus est) nullum colorem habere necesse erat]."

Bei Venturi steht pag. 23:

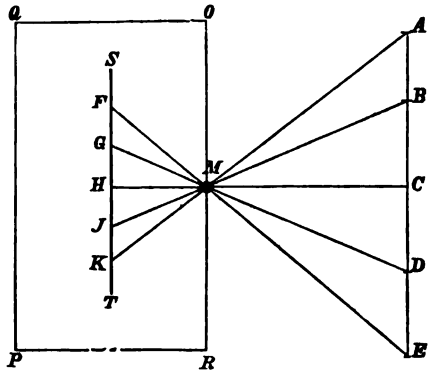
§. XI. De la Vision.

„Voici l'expérience qui nous apprend la manière dont les objets envoyent leurs images se croiser sur l'humeur albugineuse au dedans de l'oeil. Lorsque les images des objets éclairés pénètrent par un petit trou rond dans un appartement très-obscur, recevez ces images dans l'intérieur de l'appartement sur un papier blanc situé à quelque distance du trou, vous verrez sur le papier tous les objets avec leurs propres formes et couleurs; ils seront diminués de grandeur; ils se présenteront dans une situation renversée, et cela en vertu de l'intersection déjà indiquée. Si les images viennent d'un endroit éclairé par le soleil, elle vous paroîtront comme peintes sur le papier qui doit être très-mince, et vu par derrière. Le trou sera pratiqué dans une plaque de fer aussi très-mince. (Bis hierher reicht der von Libri veröffentlichte Originaltext). *A*, *B*, *C*, *D*, *E* (s. Fig. 97) sont les objets éclairés par le soleil; *OR* est le devant de la chambre obscure, et le trou est en *M*; *ST* est le papier qui reçoit les rayons des images des objets. Les images sont renversées, parce que le rayon provenant du côté

droit *A*, va à gauche en *K;* et le rayon du côté gauche *E* va à droite en *F*. **Cela se fait de même dans l'oeil.**"

Venturi, welcher noch eine Stelle aus E. 15 des Manuscriptes Leonardo's anführt (eine merkwürdige Stelle, in welcher die Entdeckung des Fernrohres geahnt wird), schliesst doch mit einem historischen Irrthum. Er sagt: „Porta, qu'on regarde comme inventeur de la chambre optique, n' eût pas l'adresse d'en faire l'application à l'oeil (V. Porta de refractione optices parte. 4°. Neap. 1593); il fallut pour

Fig. 97.



cela le génie de Kepler." Das ist nicht richtig, denn gerade in dem von Venturi angezogenen Buche des Porta findet sich der Vergleich zwischen Auge und Dunkelkammer. Das Werk „Joan. Baptistae Portae Neap. De refractione optices parte Libri novem" erschien zu Neapel 1593. Es führt „Liber quartus, Prop. I" (pag. 87) die Ueberschrift: „Visionem fieri per imaginem (soll heissen imaginum) receptionem." In diesem Capitel wird bewiesen, dass das Licht nicht vom Innern des Auges nach aussen strahle, sondern von aussen in das Innere des Auges komme. Als erster Grund für die Richtigkeit dieser Anschauung wird (was erwähnenswerth ist) das Auftreten von Nachbildern bei geschlossenen Augen, wenn directes oder reflectirtes Sonnenlicht das Auge beleidigte, angeführt. Dann fährt Porta fort (pag. 91):

„Praeterea si cubiculi fenestrae claudantur et per angustum foramen ingrediatur secunda lux, albaque papyrus ei obex opponatur, quae lumen illud excipiat, quod in platea et oppositis parietibus illustrabit, suis formis et coloribus vestita in albo papyro repraesentabit. Dico quod sicut corpora a sole illustrata per arctum fenestrae foramen in subjectum papyrum lumen repraesentat,

sic idem visarum rerum spectra per pupillae foramen subiens in crystallinum depingit: nemo igitur tam durae cervicis insanaeque mentis ab oculo ad Solem per papyrum reflexionem fieri argutabit, tum quod papyrus non reflectit, tum quod reflexio ad pares angulos fieri jam sancitum est, sed quoquo versus paginam inspexeris, semper easdem figuras inspicies."

Porta vergleicht also, wie dies schon durch Priestley-Klügel (l. c. pag. 33) bekannt ist, das Auge mit der Camera obscura und hält die Linse für den auffangenden Schirm, aber dennoch steht er gegen Leonardo in der Anschauung zurück, indem Porta, was man nicht allgemein zu wissen scheint, das Bild auf der Linse noch aufrecht sein lässt. Unter den Gründen, welche er dafür anführt, dass die Linse nicht im Centrum des Auges, sondern nahe der Pupille stehe, geht der eine (Prop. XIV, pag. 84) dahin, dass, wenn die Linse in der Mitte des Auges stünde, eine Kreuzung der Strahlen im Centrum stattfinden und auf diese Art, was rechts ist, links; was links ist, rechts; das Obere unten, das Untere oben gesehen, und so endlich das ganze Sehen gestört würde. In der folgenden Propositio XV, pag. 85 wird erörtert, dass die beiden Oberflächen der Hornhaut, also auch der humor aqueus, mit diesem der Glaskörper und auch die Oberflächen der Linse concentrisch seien, und es daher komme, dass die Sehpyramide (Porta stellt sich noch vor, dass die Strahlen ausgehen von der Grundfläche einer mit der Spitze gegen das Auge strebenden Pyramide, die aber von der Linse geschnitten wird), dass die Sehpyramide ungebrochen und unversehrt zur Linse gelangt, demnach den Gegenstand darstellt, wie er ist, und auf diese Weise das Sehen nicht verwirrt ist.

Unter den Vorgängern Kepler's verdient gewiss auch Franciscus Maurolycus genannt zu werden, wie dies auch allenthalben geschieht. Maurolycus lebte zu Messina, von 1494—1575. In der Anführung der uns namentlich interessirenden Schrift dieses seinerzeit hochberühmten Mannes waren die Autoren bisher nicht glücklich. Priestley sagt von dessen Schrift: „De lumine et umbra," dass sie im Jahre 1575 erschienen sei, und berichtet aus derselben, dass Maurolycus die Brechung der Lichtstrahlen durch die Linse des menschlichen Auges mit der Brechung durch eine Glaslinse parallelisirte, die Strahlenkegel in Punkten der Netzhaut vereinigen liess, die Kurz- und Weitsichtigkeit richtig dadurch erklärte, dass die Strahlen das eine Mal vor, das andere Mal hinter der Netzhaut sich sammeln und endlich auch die Wirkung der Concav- und Convexgläser richtig auseinandersetzte. Klügel übersetzt den Passus des Priestley und sagt in der Anmerkung,

pag. 28: „Ich würde mir die Freiheit genommen haben, den Text meines Originals zu ändern, wenn ich nicht die Unrichtigkeiten zu einem Beispiele hätte stehen lassen wollen, wie übel man daran ist, wenn man mit fremden Augen zu sehen genöthiget wird.“ Priestley hatte nämlich seine Angaben dem Montucla entnommen. Klügel gibt dann (pag. 38) einen Auszug aus des Maurolycus Schrift (dem ich übrigens auch nicht durchaus beistimmen möchte), aber ein Irrthum blieb bestehen, nämlich der in Betreff des Zeitpunktes des Erscheinens der „Photismi de lumine et umbra.“ Klügel führt zwei Ausgaben an, die eine: „Venetiis 1575“ und eine zweite: „Messinae 1613,“ deckt sich aber durch die Quelle (Dictionaire de Chaufepié). Ihm selbst stand eine Ausgabe von 1613, die zu Lyon (Lugduni) erschienen ist, zu Gebote. Die Späteren, deren Quelle höchst wahrscheinlich Klügel war, die aber das anzugeben verabsäumten, citiren nicht selten die zu Venedig 1575 erschienene Schrift und geben an, was in derselben enthalten ist, so z. B. auch Donders (Anomalies etc. pag. 444, deutsche Ausgabe, pag. 374). Die Arbeit des Maurolycus ist aber weder zu Venedig, noch im Jahre 1575 erschienen, sondern erst 36 Jahre später, also 36 Jahre nach dem Tode des Verfassers, im Jahre 1611 (in demselben, in welchem Kepler seine Dioptrik veröffentlichte), und zwar zu Neapel zum ersten Male publicirt worden. Diese erste Ausgabe, die sich in meinem Besitze befindet, ist gewiss sehr selten, denn nicht einmal Libri kennt sie. Sie führt den Titel: „Abbatis Francisci Maurolyci Messanensis Photismi de lumine et umbra ad perspectivam et radiorum incidentiam facientes. Diaphanorum partes seu libri tres: in quorum primo de perspicuis corporibus, in secundo de Iride, in tertio de organi visualis structura et conspiciliorum formis agitur. Problemata ad perspectivam et Iridem pertinentia. Omnia nunc primum in lucem edita. Neapoli M.DC.XI.“ Die ganze Schrift enthält nur 84 Seiten, ist schlecht gedruckt und leidet an keinem Druckfehlermangel. Man könnte nur fragen, woher es kommt, dass irgend Jemand, von dem es dann so viele Andere successiv entnahmen, die Photismi zu Venedig 1575 erscheinen liess. Das hat darin seinen Grund, dass zu Venedig 1575, einige Tage nach des Maurolycus' Tode, dessen Opuscula mathematica erschienen, an deren Schlusse Maurolycus ein Verzeichniss seiner Schriften gibt. Unter mehr als 70 Schriften des allerverschiedensten Inhaltes erscheinen in diesem „Index lucubrationum“ vierzig unter dem Titel: „Propria ipsius authoris,“ von denen bei des Maurolycus' Tode keine veröffentlicht war und von denen die allermeisten verloren gingen. Unter diesen Arbeiten werden nun auch die Photismi und

die Diaphana erwähnt. „En prenant pour base l'année de la mort de Maurolycus“ sagt Libri, III. pag. 110 „on peut assigner une date certaine à ses écrits, qui cependant avoient été tous composés depuis long-temps. Les manuscripts autographes portaient ordinairement, à la fin de chaque traité, des dates qui ont été reproduites par les éditeurs.“ Das gilt auch für die Photismi und Diaphana. Das dritte Buch der Diaphana, pag. 69—80, welches vom Auge und den Brillen handelt, trägt zum Schlusse das Datum: 8. Mai 1554. Maurolycus entwickelt ungefähr dieselben Ansichten, wie Porta nach ihm, doch konnte Porta die Arbeit des Maurolycus nicht kennen — ausser etwa im Manuscripte. Da fungirt dieselbe abgestutzte Sehpyramide, das Entstehen der Bilder auf der Linse, die Annahme, dass die Strahlen sich im Centrum der Linse nicht kreuzen können, damit kein umgekehrtes Bild entstehe. Auch wird die Linse als empfindend angesehen, indem unter den Eigenschaften des Krystallkörpers ausdrücklich aufgeführt wird: „humidus ad sentiendum.“ Die Bildstrahlen werden durch den Glaskörper zum Nervus opticus fortgeleitet. So stellt sich Maurolycus die Sache nach meiner Ansicht ungefähr vor. Trotz seiner ganz und gar fehlerhaften Anschauungen gibt er allerdings die thatsächlich richtige Erklärung der Brillen, wenn er sagt, dass Convexgläser die Strahlen sammeln, concave sie zerstreuen: „convexa (forma) congregat, concava disgregat;“ erklärt er auch richtig die Wirkung der Brillen bei Kurz- und Weitsichtigkeit, und macht die Angabe, dass da man in der Jugend in der Nähe, im Alter dagegen in grösserer Ferne besser und deutlicher sieht, dies kaum anders geschehen kann, als durch eine Formveränderung der Linse: „Cum enim juvenes propius, senes autem longius intuentes, melius distinctiusque videamus; vix aliter fieri potest, quam pupillaris formae mutatione“ (pupilla soviel wie humor crystallinus s. glacialis).

Der Sprung von Maurolycus und Porta zu Joh. Kepler (1571—1630) ist dennoch ein immenser, ganz unvermittelter. Nachdem aber Kepler die Sehpyramide, sowie die auch von Maurolycus noch festgehaltene Vorstellung, dass von jedem Leuchtpunkte nur Ein Strahl ausgehe, verlassen und richtig erkannt hatte, dass von jedem einzelnen Leuchtpunkte nach allen Richtungen Strahlen ausgehen, und dass man nicht die Objecte im Ganzen, sondern vielmehr die einzelnen Punkte derselben in Betracht ziehen müsse, hätte ihn allerdings die Erklärung der Brillenwirkung des Maurolycus sofort die Wahrheit in dieser Hinsicht erkennen lassen müssen, aber Kepler's Werk: „Ad Vitellionem Paralipomena,“ in welchem die richtigen Anschauungen bereits nie

gelegt sind [1]), erschien zu Frankfurt 1604, während des Maurolycus' Schrift 7 Jahre später zu Neapel zuerst ausgegeben wurde. Insoferne ist es nicht unwichtig, darauf hinzuweisen, dass die Photismi nicht 1575 erschienen; man wird daher auch begreifen, wie so es kommt, dass Kepler in seiner historischen Uebersicht (Paralipomena, Cap. V. 4.) den Maurolycus nicht erwähnt.

Die Auseinandersetzung ist schon viel zu weitläufig ausgefallen, als dass ich noch auf Vitellio, an den Kepler seine Paralipomena richtete, und der um das Jahr 1270 gelebt hat [2]), sowie auf andere Vorgänger Kepler's zurückkommen sollte. Nur in Betreff der Geschichte der Camera obscura, sowie der Werke und Ansichten des so oft citirten Maurolycus und Porta schien es mir an der Zeit, klare Anschauungen zu verbreiten.

Kepler hatte gezeigt, dass und wie ein umgekehrtes Bild der Objecte auf der Netzhaut entworfen wird. Es galt nun zunächst, das umgekehrte Netzhautbildchen zu demonstriren. Diese Demonstrirung des Netzhautbildchens wird dem Pater Scheiner (1575 (?) — 1650) zugeschrieben. Ich habe schon einmal angeführt [3]), dass in Scheiner's Werke: „Oculus, 1619," von der Demonstrirung des Netzhautbildes im Thierauge keine Rede ist, dass Scheiner zu jener Zeit überhaupt noch nie ein menschliches Auge untersucht hatte, sowie dass in der Londoner Ausgabe von 1652 ebensowenig von der Darstellung des Netzhautbildes im Thierauge oder im Menschenauge (an welch' letzterem Scheiner es im Jahre 1625 zu Rom demonstrirt haben soll) Etwas vorkommt. Die Quelle in Betreff der Experimente Scheiner's ist wiederum Priestley-Klügel. Es heisst bei Klügel pag. 93: „Er (Scheiner) schnitt hinten an einem Ochsen- oder Schaafsauge die Häute weg, worauf er die Bilder solcher Gegenstände, die in der gehörigen Entfernung von diesen Augen sich befanden, deutlich und vortrefflich auf der blossen Netzhaut abgemalet erblickete. An einem menschlichen Auge nahm er dasselbe wahr. Er machete diesen merkwürdigen Versuch zu Rom im Jahre 1625. (Schotti magia univ. pag. 87)." Bei Schott heisst es in der schon früher angeführten Magia universalis: Partis I. Lib. II. Propos. III., welche die Ueberschrift trägt: „Radii visuales decussantur intra oculum et objectorum imago pingitur in re-

[1]) S. diese Vorlesungen. pag. 3, 93.

[2]) Die Schriften des Vitellio sind enthalten in: „Opticae thesaurus. Alhazeni Arabis libri septem. Item Vitellionis Thuringopoloni libri X. Omnes instaurati etc. a Federico Risnero. Basileae, 1572."

[3]) S. pag. 3, 211.

tina“ ganz kurz: „Utrumque asseruimus in praecedentibus, et utrumque expertus fuit saepius P. Christophorus Scheinerus in oculis diversorum animalium et anno 1625 Romae in oculo humano.“ Aus einer Kleinigkeit ersieht man, dass Priestley und Klügel die Stelle im Schott nicht nachschlugen, denn Jene sprechen speciell vom Ochsen- und Schaafsauge, während bei Schott nur von den Augen verschiedener Thiere die Rede ist. Ich habe aber meine guten Gründe, die Richtigkeit der Angabe Schott's, die ich sonst in keinem anderen älteren Werke finde, zu bezweifeln. Der Jesuit Schott war nämlich ein treuer Schüler, Freund und Nachahmer des Jesuiten Athanasius Kircher (1602(?)—1680), der die Laterna magica construirte. Kircher's grosses Werk: „Ars magna Lucis et Umbrae“ ist zu Rom 1646 in der ersten Auflage erschienen, nachdem es 1644 das Imprimatur erlangt hatte. Die Demonstrirung des Netzhautbildes an einem Menschenauge durch Scheiner anno 1625 müsste zu Rom in jedem Falle Aufsehen genug gemacht haben, dass Kircher (der noch dazu mit Scheiner in Verbindung stand, indem er die Anaclastica sive refractionum ex Aere in Aquam, ex observatione Scheineri, Tab. III. in der Ars magna pag. 680 veröffentlicht) etwas davon gehört hätte. Trotzdem sagt Kircher, nachdem er die Entstehung des Netzhautbildes besprochen, in der Ars magna: „Quod nunquam credidissem, nisi experimentum a sagacissimo quodam optico Anonymo prius, deinde idem quoque per memetipsum factum de hoc certiorem fecisset.“ Also nicht von Scheiner, der zu Rom 1625 das Bild im Menschenauge demonstrirt haben soll, sondern von einem sehr scharfsinnigen anonymen Optiker, war nach Kircher das Experiment angestellt worden. Im Jahre 165$^{7}/_{8}$ erschien die Magia universalis von Schott, und im Jahre 1671 die zweite Auflage von Kircher's Ars magna zu Amsterdam. In dieser „Editio altera priori multo auctior“ (nicht in der ersten Auflage) findet sich pag. 768 und 769 die Beschreibung und nette Abbildung der Laterna magica unter der Ueberschrift: „De Lucernae Magicae seu Thaumaturgae constructione;“ aber trotz der nahen Beziehungen zwischen Kircher und Schott, und trotzdem Kircher zu Rom selbst lehrte, ist der Passus in Betreff des Netzhautbildchens auch in der zweiten Auflage (pag. 117) unverändert stehen geblieben. Ich erlaube mir desshalb an der Angabe Schott's vorläufig zu zweifeln. Aufschluss über die Sache könnten vielleicht einige im Manuscript vorhandene Schriften Scheiner's geben. Nach Ch. G. Jöcher, Allgemeines Gelehrten-Lexicon, IV. Theil, pag. 239, Leipzig 1761 existiren u. A. von Scheiner als Manuscript: „Oculus s. fundamentum opticum *auctum*,“ sowie „Opuscula optica varia.“ In

habe mich bisher nicht bemüht, zu erkunden, wo diese Manuscripte aufbewahrt werden.

In Betreff der Lehre vom Accommodationsmechanismus habe ich schon in der zweiten Vorlesung [1]) einige historische Bemerkungen einfliessen lassen, und ich will bei dieser Gelegenheit, wiewohl nach dem klaren Wortlaute ein Missverständniss fast unmöglich erscheint, doch bemerken, dass unter den Grundwerken, auf die zum Schlusse der Vorlesung hingewiesen wird, natürlich Helmholtz' physiologische Optik und Donders' Anomalien der Refraction und Accommodation gemeint sind. In Betreff der Accommodation bei Myopen sagt Donders l. c. pag. 446 (deutsche Ausgabe pag. 376): dass Kepler, sowie nach ihm Scheiner und Dechales das Accommodationsvermögen des myopischen Auges übersehen hätten; es erscheint ihm beinahe unbegreiflich, dass den Augenärzten das Vorhandensein der Accommodation bei jugendlichen Myopen, deren Myopie corrigirt wurde, entgangen sein sollte, „but yet," so fährt er fort, „I have not been able to satisfy myself that any writer of the seventeeth century directly mentions it." Donders findet erst bei Robert Smith 1738 den Gegenstand im gehörigen Lichte dargestellt. Diese Angabe bedarf jedoch einer Correction. Der berühmte Compatriot von Donders, Huygens (1629—1695), macht nämlich darauf aufmerksam, dass die Myopie als solche die Accommodation nicht auszuschliessen brauche. „At myopes seu luscitiosi" heisst es in: Dioptrica Propositio XXXII [2]), pag. 116, „propinqua omnia, dummodo non ultra certum terminum, puta pedis duas tertias aut etiam minus, recesserint, distincte conspiciunt; unde parumper forsan formam oculorum accommodare possunt diversis visibilium distantiis, sed non eousque ut radios parallelos, sive a procul dissita re venientes, in retina ad punctum colligant, sed ob nimiam convexitatem ante eos colligant quam ad oculi fundum pervenerint." Hier wird also ausgesprochen, dass, wenn auch Myopen ihren Fernpunkt in 8 Zollen oder noch näher dem Auge haben, dieser Umstand die Accommodation doch noch möglich erscheinen lasse. Die Bemerkung ist um so interessanter, als sie sich auf nicht corrigirte Myopie höheren Grades bezieht.

Von Interesse ist die historische Entwicklung von der Lehre der Bau- und Accommodationsfehler des Auges. Donders führt (l. c.

---

[1]) S. pag. 28—30.

[2]) Christiani Hugenii Opuscula postuma, quae continent Dioptricam, Commentarios de vitris figurandis etc. Lugduni Batavorum (Leyden) 1703.

pag. 445, deutsche Ausgabe, pag. 375) an, dass Kepler in seiner Dioptrice, Propositio LXIV, Presbyopen von Myopen unterscheidet und die Definition von Presbyopie und Myopie gibt. Es sei, da diese Angabe bei Donders fehlt, angeführt, dass Kepler selbst seine Definitionen dem Aristoteles entnommen hatte. Die erwähnte 64. Proposition beginnt nämlich: „Sunt, qui remota distincte vident, propinqua confuse, quos Aristoteles appellat πρεσβυτας: sunt qui propinqua distincte, remota confuse, qui Aristoteli sunt μυωπες: sunt, qui propinqua et remota confuse, denique qui utraque distincte.“ Kepler gibt an diesem Orte nicht an, welche Stellen des Aristoteles er im Sinne habe. Auf Myopie und Presbytie bezügliche Erörterungen finden sich bei Aristoteles nur in dessen Προβλήματα [1]), und zwar in der Abtheilung *A. Ὅσα περὶ φρώνησιν καὶ νοῦν καὶ σοφίαν* [2]), und in deren ersten Unterabtheilung: *AA. Ὅσα περὶ ὀφθαλμούς* [3]). In diesem Capitel wird in dem 8. Satze die Frage aufgeworfen, warum die Myopen eine kleine Handschrift schreiben, denn es sei auffallend, dass die, welche nicht scharf sehen, etwas thun, was doch Sache der Scharfsichtigen sein sollte [4]). In Satz 15 ist der gleiche Gegenstand erörtert; in Satz 16 wird gefragt, wesshalb die Myopen beim Sehen die Augenlidspalte verengern; in Satz 25 endlich wird der Unterschied zwischen Myopen und Presbyten scharf hervorgehoben. Es heisst da: „*Διὰ τί ἀμφότεροι κατὰ ἀσθένειάν τινα τῶν ὀφθαλμῶν διακείμενοι, ὅτε μύωψ καὶ ὁ πρεσβύτης, ὁ μὲν ἐγγὺς προσάγει, ἄν τι βούληται ἰδεῖν, ὁ δὲ πόρρω ἀπάγει; ἢ ὅτι οὐχ ὁμοία ἡ ἀσθένεια παρίπεται αὐτοῖς;*“ Die Antworten des Aristoteles auf die von ihm aufgestellten Probleme haben für uns natürlich nur sehr untergeordnetes Interesse. Physikalisch und richtig waren sie nicht.

Dass Kepler die genannten Stellen des Aristoteles wirklich vor Augen hatte, geht hervor aus einer Stelle der: „Ad Vitellionem Paralipomena [5]),“ Cap. V. 3, die sich in der Propositio XXVIII vorfindet, in welcher Kepler in einem Dutzend Zeilen die klassische Erklärung der Wirkung der Convex- und Concavbrillen gibt. Nachdem er dies gethan, sagt er: „Audiat Aristotelem, si quis meis experimentis minus adhibet fidei. Sectione 31, problem. 8, 15, 16, 25, plane hoc quaerit, qui fiat, quod μυωπες et πρεσβυται contraria patiantur, illi prope admoveant, hi

---

[1]) Aristoteles graece ex rec. J. Bekkeri. 1831. Vol alt. pag. 859.
[2]) pag. 953.
[3]) pag. 957.
[4]) S. diese Vorlesungen pag. 344.
[5]) S. diese Vorlesungen pag. 93.

removeant ea quae sunt lustraturi, et illi quidem visu hebeti minuscu-las tamen scribant literulas.“

Wenn auch Kepler in praxi Myopie und Presbytie als entgegengesetzte Zustände behandelt, so findet sich doch bei ihm eine ganz merkwürdige Bemerkung über den verschiedenen Bau der Augen. In der (unmittelbar an die von Myopie und Presbytie handelnde Prop. LXIV) sich anschliessenden Propositio LXV, die Donders übersehen zu haben scheint, untersucht Kepler im Zusammenhange, in wieferne das Auge convergent, parallel und divergent auffallende Strahlen auf der Netzhaut zu vereinigen vermag, in wiefern es also, in unsere Sprache übertragen, hypermetropisch, emmetropisch oder myopisch gebaut ist. Hierbei nimmt Kepler den Zustand der Hypermetropie als nicht existirend an. „Convergentibus quacunque ratione unius radiosi puncti radiis versus oculum, impossibile est fieri distinctam visionem. Omnis enim oculus factus est, ut aut remota distincte videat (hier kann begreiflicher Weise nicht blos der Presbyte gemeint sein) aut propinqua. Remota radiant quasi παραλλήλως. Propinqua divergentes mittunt radios in oculum. Nullum ergo distincte visibile punctum radiat sic, ut ejus radii ubi oculum tangunt convergant.“

Wir müssen einen Sprung von 160 Jahren machen, um einer ähnlichen richtigen Unterscheidung in Bezug auf die verschiedenen möglichen Arten des Sehens zu begegnen, wenngleich vielleicht nicht mit jener richtigen physicalischen Anschauung verbunden, wie sie Kepler bereits eigen war. Jean Janin, in dessen (1772 zu Lyon, 1776 in deutscher Uebersetzung zu Berlin[1]) erschienen) Werke über das Auge Nagel und Donders die erste Beschreibung der Hypermetropie auffanden, sagt (pag. 373 der deutschen Uebersetzung), dass man entgegen der Auffassung aller Physiologen und Naturforscher von den stets angeführten drei Arten des Gesichts die Fernsichtigkeit, als etwas Zufälliges, blos bei alten Leuten Vorkommendes ausscheiden müsse, und daher von den 3 Arten, genannt Kursichtigkeit, Fernsichtigkeit und vollkommenes Gesicht, nur zwei, die Kurzsichtigkeit und das gewöhnliche Gesicht, natürlich seien. „Es gibt noch,“ so fährt Janin fort, „eine andere Art des Gesichts, welche von den drei erwähnten ganz verschieden ist, das ist diejenige, welche Personen haben, denen man einen Staar niedergedrückt, oder herausgenommen hat.“ „Aber diese Art des Gesichts gehört auch in die Classe der zufälligen. Man hat daher nur

[1]) Herrn Johann Janin .... Abhandlungen und Beobachtungen über das Auge und dessen Krankheiten. Berlin, bei Himburg, 1776.

zwei natürliche Arten des Gesichts gekannt, davon die eine durch eine zu grosse Erhabenheit der durchsichtigen Körper, die andere aber durch ein richtiges Verhältniss aller Theile des Augapfels zuwege gebracht wird." „Inzwischen gibt es noch deren, aber man hat sie als Abweichungen der Natur von den gewöhnlichen Regeln anzusehen." Als Beispiel wird ein Fall von hochgradiger Hypermetropie vorgeführt. „Nur die sogenannten halben Staarbrillen waren ihm (einem portugiesischen Juden) dienlich, woraus man mit einigem Grunde vermuthen kann, dass der Fehler seines Gesichtes viel Aehnlichkeit mit demjenigen hatte, der eine Folge der Operation des Staars ist. Er musste seinen Sitz in dem krystallenen Körper haben, welcher, aller Wahrscheinlichkeit nach, zu klein und zu platt war, und folglich die Lichtstrahlen nicht genug brechen und vereinigen konnte. Daraus entstand ein undeutliches Gesicht, welches man durch Gläser verbessern musste, welche im Stande waren, die Lichtstrahlen genau auf der Netzhaut zu vereinigen." Janin scheidet also die Presbytie aus der Reihe der natürlichen Arten des Sehens aus, erkennt, dass man, wenn wir die jetzige Bezeichungsweise wählen, neben Myopie und Emmetropie nicht Presbytie stellen dürfe, sondern Hypermetropie stellen müsse; erklärt, dass der Zustand bei Aphakie ein ganz anderer als bei Presbytie sei und unterscheidet die (bei Aphakie) erworbene Hypermetropie von der originären.

Wieder dauert es lange Zeit, bis 1845 von Listing, wie Donders anführt, im „Beitrag zur physiologischen Optik" zusammenhängend die Differenz im Baue des Auges erörtert wird. In normalsichtigen Augen vereinigen sich parallele Strahlen in der Macula lutea, im kurzsichtigen vor derselben und im weitsichtigen, „welches nur durch eine Sammellinse die Fixsterne als leuchtende Punkte wahrnimmt," hinter derselben. Wegen der unrichtigen Definition des weitsichtigen Auges muss man sagen, dass Kepler und Janin die Sache richtiger gaben. Kepler wusste sehr wohl, dass das weitsichtige Auge nicht convergente Strahlen auf der Netzhaut vereinigt, es war ihm nur unbekannt, dass es solche Augen gebe; Janin erkannte ebenfalls richtig den Unterschied zwischen Presbytie und Hypermetropie, und kannte den letzteren Zustand.

Noch ein Jahrzehnt währte es, bis endlich am 12. April 1855 Carl Stellwag von Carion in der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien seine Arbeit: „Die Accommodationsfehler des Auges" vorlegte. Mit dieser Arbeit wurde die neue Aera der Lehre von den optischen Fehlern des Auges inaugurirt. Wenngleich in einer so grossen Sache in vielen Einzelnheiten noch nicht hinlängliche Beobachtungen vorlagen — die Principien, nach welchen die optischen Fehler des Auges wissen-

schaftlich zu gliedern und zu sondern waren, die richtigen, physikalischen Definitionen nebst einer Fülle von Details waren unumstösslich festgesetzt. Wer sich am mühelosesten eine Vorstellung von dem, was unsere Zeit v. Stellwag verdankt, machen will, der lese das Vorwort der 1867 erschienenen dritten Auflage von Stellwag's unerreichtem Muster- und Meisterwerke: „Lehrbuch der praktischen Augenheilkunde." Mit Staunen und Bewunderung wird da so Mancher inne werden, dass so Vieles, von dem er wähnt, dass Donders es uns zuerst, wenigstens in unserer Zeit zuerst gelehrt, von v. Stellwag herrührt. Mit Nachdruck und Entschiedenheit hebe ich Stellwag's Verdienste auf dem Gebiete der optischen Fehler des Auges hervor. Würden die übrigen ophthalmologischen Schriftsteller, was aber leider nicht der Fall ist, dasselbe thun, dann könnte verhindert werden, dass nicht spätere Generationen genöthigt werden, Stellwag erst zu „entdecken."

Vom Jahre 1858 an beginnen dann die Arbeiten von Donders. Wahrlich, Donders hat, nachdem v. Stellwag die Grundlage gelegt, den Bau bis zur Spitze geführt, und wenngleich noch mancher Baustein wird gewechselt werden müssen, bis das ganze Werk fehlerfrei dasteht — das Grosse und Herrliche, das Donders, abgesehen von seinen übrigen Forschungen, nur allein auf dem Gebiete der Refractions- und Accomodationsanomalien geschaffen, wird seinen Namen erhalten bis auf die spätesten Tage.

Ungerecht wäre es, die Betrachtung über die allgemeine Entwicklung unserer Lehre zu schliessen, ohne Eduard Jäger von Jaxtthal zu nennen. Sein mächtiges Verdienst besteht vor allem darin, dass er die Verwerthung des Augenspiegels zur Bestimmung der optischen Fehler des Auges, auf welche schon Helmholtz hinwies, praktisch durchführte.

Was die Geschichte der Hypermetropie und Myopie speciell anlangt, so war die erstere, die Hypermetropie, sicherlich schon vor Jahrhunderten den Brillenverkäufern, Optikern, in praxi bekannt, denn sogut als die heutigen Brillenverkäufer, ohne jegliche optische Kenntniss, jungen Leuten, die es brauchen, Convexbrillen für die Ferne und Nähe geben, so haben sie es sicherlich auch immer gethan, und beschämend ist nur, dass, wie in der Literatur viele derartige Beispiele bekannt sind, die von den Händlern richtig gewählten Brillen von den Aerzten als verderblich widerrathen wurden [1]). Beiläufig sei erwähnt, dass auch Janin's portugiesischer Jude, welcher der erste in der Literatur namentlich genannte Hypermetrop ist, starke

[1]) Vergleiche pag. 380 und 381.

Convexgläser trug, aber nicht etwa auf Janin's Rath. Die Geschichte der Hypermetropie ist in Donders' Werke (deutsche Ausgabe pag. 270 u. ff.) zusammengestellt. Man ersieht aus derselben, dass nach Janin (1772), Wells (1811), nach diesem Mackenzie (1830) wussten, dass Manche (so Wells selbst) im Alter durch Convexgläser deutlich in die Ferne sehen. Eine vollkommen classische Beschreibung der Hypermetropie bei jungen Leuten, die nichts zu wünschen übrig lässt, gab James Ware im Jahre 1812. Wiewohl nach dieser Zeit noch vielfache Fälle von Hypermetropie beobachtet und beschrieben wurden, so hat doch zuerst von Neuem v. Stellwag (1855) das Wesen der Hypermetropie richtig erkannt, und den Fehler mit dem Namen der Uebersichtigkeit (ein Ausdruck der sich in sehr mangelhafter Deutung schon bei Ruete 1845 findet), oder (ausgehend vom Zustande des gealterten Auges) ganz allgemein mit dem Namen der Hyperbresbyopie belegt. Dieser letzte Ausdruck (nach unserem Terminus: Hyperpresbytie) wäre auch heutzutage noch sehr empfehlenswerth, um die „im höheren Alter erworbene Hypermetropie" mit Einem Worte zu bezeichnen. Helmholtz hat dann (1859) den Ausdruck Hyperopie vorgeschlagen, den v. Graefe mit einem Theile seiner Schüler acceptirte und festhielt, während Donders den unstreitig passendsten, auch von v. Stellwag aufgenommenen Namen Hypermetropie einführte. Wie wenig man zur Zeit, als v. Stellwag seine Arbeit (12. April 1855) veröffentlichte, eine Vorstellung von der Hypermetropie hatte, beweist eine Stelle in v. Graefe's Archiv I. 2., dessen Vorrede von v. Graefe am 2. April 1855 geschrieben ist. In einer Arbeit: „Neue Fälle von Trochlearislähmung, nebst einigen semiotischen Bemerkungen" sagt v. Graefe pag. 322: „Beim Andrücken des Bulbus gegen die Orbita, findet eine auffallende Veränderung des Accommodations-Zustandes statt, die ein bedeutendes physiologisches und praktisches Interesse darbietet. Es wird nämlich ein so gedrücktes Auge entschieden **presbyopisch.**" Als Beweis für das „Presbyopisch" werden des Auges führt v. Graefe unter Anderm an, pag. 323: „Meinem Fenster gegenüber, in einem Abstande von 50 Schritt befindet sich eine $1^1/_2'$ hohe Schrift; durch Convex 10 ist es mir unmöglich dieselbe zu erkennen; ich sehe nicht einmal mehr die ungefähre Begrenzung der Buchstaben. Uebe ich unter diesem Glase auf mein Auge mit dem Finger einen Druck aus, so erscheint mir die Schrift vollkommen klar."

Die Myopie hat auf ihren Namen ein jedenfalls mehr als zweitausendjähriges Anrecht, daher auch die Verdrängung desselben durch richtig und der Em- und Hypermetropie analog construirte Ausdrücke

wie Brachymetropie, Hypometropie nicht recht gelingen will. Schon Aristoteles kennt, wie erwähnt wurde, einige Eigenschaften der Kurzsichtigen, dass sie eine kleine Handschrift schreiben, dass sie die Lidspalte verengern (*μύειν*, schliessen). Irre ich nicht, so dürfte er auch beobachtet haben, dass bei Kurzsichtigen stärker vorstehende Augen vorkommen, als bei Scharfsichtigen. Doch wird die Prominenz nicht auf eine Verlängerung des Auges bezogen, sondern mit dessen Lage in Zusammenhang gebracht. Aristoteles gibt das nicht direct für das Menschen-, wohl aber für das Thierauge an. Es heisst in *Περὶ ζώων γενέσεως*, Buch 5, Capitel 1: „Dass aber in die Ferne gesehen werde...., das hängt von der Lage der Augen ab. Diejenigen (Thiere) nämlich, deren Augen hervorstehend sind, können in die Ferne nicht sehen. Jene hingegen, welche tiefliegende Augen haben, können entfernte Gegenstände sehen.“ (*Τοῦ δὲ τὰ πόρρωθεν ὁρᾶν... ἡ θέσις αἰτία τῶν ὀφθαλμῶν. Τὰ μὲν γὰρ ἐξόφθαλμα οὐκ εὐωπὰ πόρρωθέν, τὰ δ' ἐντὸς ἔχοντα τὰ ὄμματα ἐν κοίλῳ κείμενα ὁρατικὰ τῶν πόρρωθεν*). Angaben über Prominenz kurzsichtiger Augen sowie über Axenverlängerung als mögliche Ursache der Kurzsichtigkeit, finden sich sehr zahlreich bei den Schriftstellern, und es wäre leicht, die in dieser Hinsicht gewöhnlich angeführten Daten zu erweitern, aber es lässt sich doch nicht erweisen, dass vor dem Jahre 1854 die Axenverlängerung als ein Zeichen der Myopie, anatomisch nachgewiesen, erkannt worden wäre. Zwar hat Scarpa 1801 das später nach ihm benannte Staphyloma posticum Scarpae in der Leiche gefunden, und wurde dessen nicht so seltenes Vorkommen von v. Ammon (1832) bestätigt, aber Beiden war der Zusammenhang des Staphyloms mit Myopie entgangen. Zwar hat Ritterich 1839, wie v. Arlt berichtet, die birnförmige Gestalt an einem kurzsichtigen Auge beobachtet, aber doch war es erst v. Arlt (1854), der durch die anatomische Untersuchung mehrerer kurzsichtiger Augen, die als epochemachend anzusehen sind, die durch Verdünnung des hintern Bulbusabschnittes bedingte Verlängerung des Auges als den regelmässigen Befund bei Myopie erkannte [1]). Um die ophthalmoscopische und anatomische Untersuchung des myopischen Auges hat sich dann noch namentlich Eduard v. Jäger [2]) hoch verdient gemacht.

Die kurze historische Bemerkung über Myopie möchte ich nicht schliessen, ohne darauf hinzuweisen, dass ich zwar dem Claudius

---

[1]) S. Arlt, Krankheiten dos Auges. III. pag. 237.

[2]) S. u. A. v. Jäger, Ueber die Einstellung des dioptrischen Apparates. 1861.

Franciscus Milliet Dechales (1621—1678) nicht Unrecht gethan habe, als ich in der 16. Vorlesung [1]) sagte, er habe bei dem Flammenversuche das Zwischenstadium der Polyopia monophthalmica übersehen, dass Dechales aber doch offenbar nicht blos das mit Hilfe der Cilien zu Stande kommende Vielfachsehen meint, wenn er ausführt:

„Dum myopes objecta dissita respiciunt conniventibus, ut dixi palpebris, et semiapertis, defectus seu confusio est potius secundum planum verticale: hoc est si hominem respiciunt potius quatuor aut quinque homines, aut potius hominum umbras videbunt dispositas secundum planum horizontale, quam quatuor homines sibi invicem impositos. Duplex est ratio hujus rei.“ Die erste Ursache wird darin gesucht, weil 4 Körper über einander sich wechselseitig decken, während sie neben einander mehr scharf hervortreten. „Secunda ratio petitur ex eo quod palpebrae castigent hujusmodi confusionem, secundum planum verticale, non autem secundum planum horizontale. Hoc est quia, palpebrae sunt diductae secundum planum horizontale, non impedient confusionem, quae oritur quasi in latum, quia secundum planum verticale, accedunt ad se invicem, ideo secundum altitudinem minor erit confusio. Adde ulterius quod quia conniventibus hoc modo palpebris, aliqui ciliorum pili pupillae objiciuntur, ideo fit aliqua in latum distinctio imaginum, quasi per multa foramina secundum lineam horizontalem respiceremus. Ita saepe ex majori distantia tres aut quatuor homines video, seu potius hominum umbras, una tamen distinctiori; quod vero distincta hujusmodi objecta et quasi separata a totali imagine videantur, hoc tribui debet ciliis, eas separantibus et interrumpentibus.“ Es findet sich die Stelle in Dechales' Werk: „Cursus seu Mundus mathematicus,“ welches in 3 mächtigen Foliobänden im Jahre 1674 zu Lyon erschien, und zwar in der Optik 1. Buch, Prop. XXIII (2. Band pag. 368.) Für das Werk Dechales', wird gewöhnlich, so auch von Donders (l. c. pag. 202, deutsche Ausgabe pag. 171) das Jahr 1690 citirt. Es ist in diesem Jahre die zweite Anflage des Cursus seu Mundus mathematicus in 4 Foliobänden, in deren drittem pag. 398 die citirte Stelle zu finden ist, erschienen. Die das myopische Auge betreffenden Mittheilungen finden sich jedoch schon in der ersten Auflage.

Der kurzen Historie der Axenfehler des Auges sei eine ebenso kurze Skizze der Geschichte des Refractionsfehlers, des Astigmatismus, beigefügt. Man findet die Geschichte und Literatur desselben bei Donders (deutsche Ausgabe pag. 385 u. pag. 453) und bei Javal (Annales

[1]) S. pag. 347.

d'oculistique, 1866, Tom. 55, pag. 105). Den Astigmatismus am eigenen Auge beschrieb zuerst Thomas Young 1793, dann Fischer (in der Inauguraldissertation Gerson's) 1810, hierauf Airy 1827. Young suchte die Ursache des Astigmatismus in Schiefstellung der Linse, weil derselbe unverändert blieb, wenn die Wirkung der Cornea durch das Setzen des Auges unter Wasser eliminirt wurde, Gerson fand jedoch bereits den Sitz der Anomalie in der Cornea. Im 3. Jahrzehnt unseres Jahrhunderts wurden auch schon Cylindergläser getragen, so hat Airy das seinem Auge nöthige Cylinderglas berechnet, so hat auch der amerikanische Optiker Mc. Allister in Philadelphia für einen Geistlichen, Goodrich, ein planconcavcylindrisches Glas Nr. 7 im Jahre 1828 verfertigt (Noyes.) Später wurden auch über die Angaben Einzelner hie und da Cylindergläser geschliffen, und ist dies sicherlich öfter geschehen, als es bekannt geworden ist. Erst durch die Arbeiten von Donders (Astigmatismus und cylindrische Gläser, 1862), und von Knapp (Ueber die Asymmetrie des Auges in seinen verschiedenen Meridianebenen, Graefe's Archiv, VIII. 2. 1862) ist auf das häufige Vorkommen von Astigmatismus hingewiesen, das Tragen von Cylindergläsern verallgemeinert und durch die ophthalmometrische Messung der Cornea der Sitz des Uebels genauer bestimmt worden. Nachträglich hat es sich, wie Javal bekannt machte, herausgestellt, dass ein französischer Offizier, Goulier, am 12. Juli 1852 ein versiegeltes Schreiben der Pariser Akademie der Wissenschaften überschickte, welches über des Verfassers Wunsch im Jahre 1865 gedruckt wurde. In diesem Schreiben wies Goulier bereits auf die Häufigkeit des Astigmatismus und die häufige Anwendbarkeit der Cylindergläser hin.

Die ersten zwölf Vorlesungen, welche sich mit den allgemeinen Bemerkungen über die optischen Fehler des Auges befassten, sind vor 3 Jahren (1872) im Drucke erschienen; die den speciellen Theil der optischen Gebrechen behandelnden Vorlesungen umfassen die Studienjahre $187^3/_4$ und $187^4/_5$. Da von dem, was in den letzten 2 Jahren auf unserem Gebiete publicirt wurde, nicht Alles zu einer passenden Zeit in die Vorlesungen eingeschoben werden konnte, so will ich einige Bemerkungen nachtragen. Doch will ich mir erlassen, Arbeiten, die längst bekannte Dinge als etwas Neues bringen, auch nur zu citiren. Wem es z. B. Vergnügen macht, noch immer über die Vergrösserung der ophthalmoscopischen Bilder zu schreiben, um zu denselben Resultaten, die ich schon vor neun Jahren publicirte, zu gelangen, dem sei dieses Vergnügen unbenommen; wir brauchen aber keine Notiz davon zu nehmen.

Die in der 7. Vorlesung erörterte Frage nach der Reihenfolge der Brillenbrennweiten, und der zu Grunde zu legenden Linseneinheit ist seitdem lebhaft discutirt worden,[1]) aber da wesentlich neue Gesichtspunkte nicht gewonnen wurden, auch eine Einigung der Ophthalmologen in dieser Angelegenheit nicht zu Stande kam, so glaube ich an dieser Stelle auf den Gegenstand nicht noch einmal zurückkommen zu sollen.

Als Probebuchstaben hat Green[2]) neuerdings[3]) einer in geometrischer Progression wachsende Reihe von Buchstaben empfohlen. Snellen hat in einer neuen, vierten Ausgabe[4]) seiner Probebuchstaben auch gothische (deutsche) Lettern, sowie sogenannte Hacken (E ähnliche Zeichen mit verschieden gestellter freier Seite) für Analphabeten, analog den quadratischen lateinischen Buchstaben, erscheinen lassen, doch sind diese einzelnen Tafeln nicht gleichwerthig, es kann also nicht die eine für die andere gesetzt werden. Dagegen ist die zusammenhängende Schrift XX, entsprechend dem von uns in der achten Vorlesung (pag. 136) Vorgebrachten, nunmehr richtig mit XVI bezeichnet. In dieser Ausgabe der Schriftproben[5]) ist auch die früher[6]) erwähnte Refractionsbrille abgebildet. Leider sind wenigstens bisher die in grossem Massstabe durchzuführenden[7]) Untersuchungen über die Sehschärfe nicht ausgeführt worden, sowie es auch nicht gelungen ist, kleinere Lettern, als die der Schrift Nr. 1 Jäger, herzustellen[8]).

Nachdem Oldham[9]) eine Nachahmung des Loring'schen[10]) Augenspiegels bekannt gemacht, wurden ausser von Cohn und v. Wecker[11]) auch von Knapp[12]) und Loring[13]) sämmtliche Correctionsgläser

[1]) Report of the 4th intern. ophthalm. congress held in London 1872, pag. 147; Zehender's klinische Monatsblätter 1873, pag. 145, 166, 169, 223, 267, 303, 354; 1874, pag. 362, 406; Annales d'oculistique 1872, tome 68, pag. 105; 1873, tome 69, pag. 5, 97, 193, 235; tome 70, pag. 52; 1874, tome 71, pag. 296. v. Hasner, Ueber die Grenzen der Accommodation, 1875.

[2]) S. pag. 132.

[3]) Report of the 4th ophth. congress, pag. 153.

[4]) Berlin, 1873.

[5]) Ebenso in dem Handbuche der ges. Augenheilkunde, von Graefe-Saemisch. III. pag. 80.

[6]) S. pag. 284.

[7]) S. pag. 139.

[8]) S. pag. 218.

[9]) Report etc. pag. 119.

[10]) S. pag. 287.

[11]) S. pag. 288.

[12]) Archiv für Augen- u. Ohrenheilkunde. IV. I. 1874. pag. 113.

[13]) Transact. of the American Opth. Society 1874. pag. 161.

auf Einer Scheibe angebracht. Etwas früher [1]) hatte Knapp einen Spiegel mit doppelter Drehscheibe empfohlen, um durch Combination von je zwei Gläsern eine grössere Anzahl von Correctionsgläsern zu erlangen. Bei dieser Gelegenheit (pag. 123), wie auch schon früher (Arch. f. A. u. O., I. 2, pag. 167) glaubte Knapp, dass er die Bestimmung der Tiefendimensionen des Augengrundes mit Hilfe des Augenspiegels zuerst, früher als ich beschrieben hätte, indem er (Knapp) den Gegenstand in dem Ophthalmologen-Congresse 1867 zu Paris vorgebracht habe, während ich in meiner Ophthalmoscopie 1868 davon handle. Doch ist der Gegenstand von meiner Seite im Jahre 1866 in der „Oesterr. Zeitschrift für practische Heilkunde" erörtert worden, sowie anderseits meine Schrift: „Bestimmung der Refractionsanomalien mit Hilfe des Augenspieges" und die erste Abtheilung der Ophthalmoscopie, in welcher die Sache neuerdings abgehandelt ist, im Jahre 1867 erschienen und auch das Datum 1867 tragen. Auf dieses historische Missverständniss (auf welches ich übrigens wenig Gewicht lege), wurde Knapp bereits von Loring im „Medical Ricord" aufmerksam gemacht und hat, wie ich wohl kaum hinzuzufügen brauche, dasselbe sofort bereitwilligst anerkannt.

In Betreff der Accommodation bei Aphakie [2]) hat Woinow [3]) neuerliche Versuche angestellt. Er hat gefunden, dass bei Aphakie eine gewisse Accommodationsbreite (im Mittel etwas weniger als $^1/_{20}$) vorkommt, dass dieselbe nach Atropinisirung (von circa $^1/_{20}$ auf $^1/_{30}$) abnimmt, sowie dass die Hornhaut beim Accommodationsacte ihre Krümmung nicht ändert. Schoeler [4]) hingegen konnte wieder bei Aphakischen keine Accommodation finden.

Dass durch die Erfahrungen bei Aphakie die grosse Abweichung des schematischen Auges vom wirklichen sich nachweisen lasse, habe ich in einem in der Gesellschaft der Aerzte zu Wien am 20. Februar 1874 gehaltenen Vortrage ausführlich auseinandergesetzt.

Die Arbeit von J. Schnabel: „Zur Lehre von den Ursachen der Kurzsichtigkeit," in welcher die früher [5]) bezüglich des Conus gemachten Mittheilungen enthalten sind, ist seitdem im Drucke erschienen [6]).

Wir sind zu Ende.

---

[1]) Archiv f. A. u. O. III. 2. pag. 112.

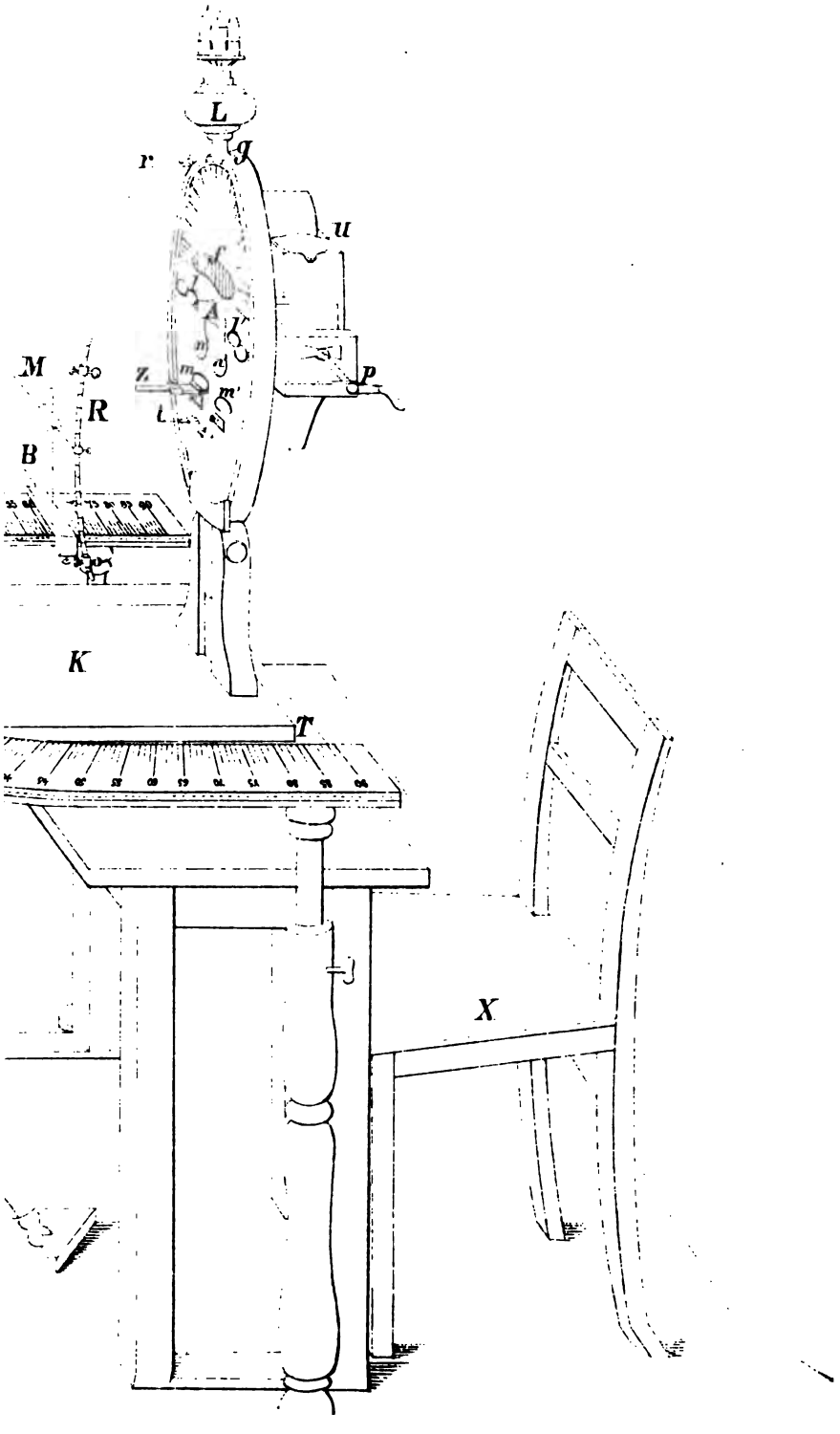
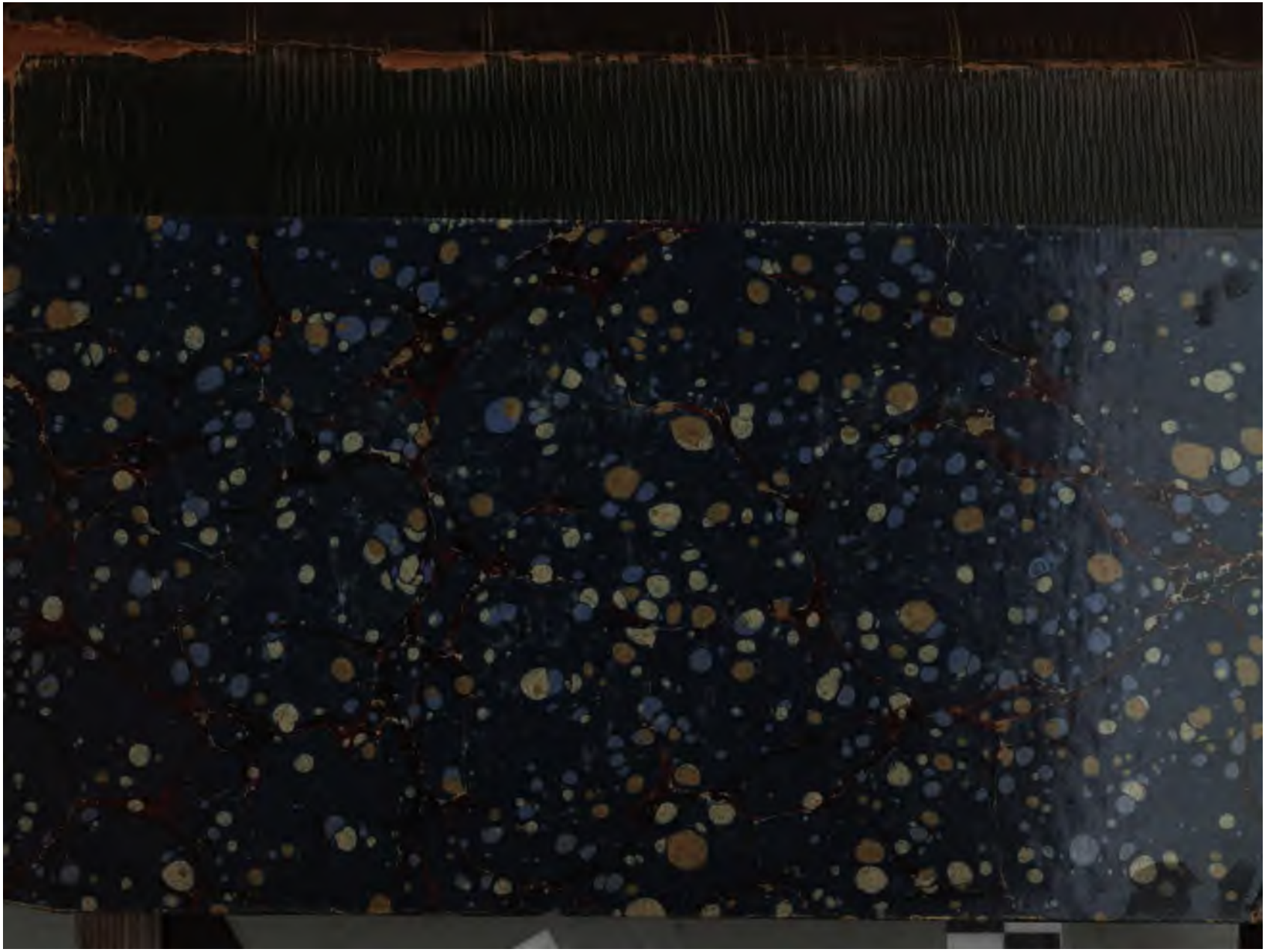
[2]) S. pag. 235—239.

[3]) Graefe's Archiv, XIX, 3. 1873, pag. 107.

[4]) Jahresbericht über die Wirksamkeit seiner Augenklinik für 1874, Berlin 1875, pag. 15.

[5]) S. pag. 440.

[6]) Graefe's Archiv, XX, 2. 1874, pag. 1—70.


L
r
g
u
M
R
B
K
T
X
P

Q925
M44
1876
Mauthner, L.
Vorlesungen über die
optischen Fehler des
Auges.
1680
DATE DUE